

Aus der Klinik und Poliklinik für Orthopädie und Unfallchirurgie  
der Universität zu Köln

Direktor: Universitätsprofessor Dr. med. P. Eysel

Vergleichende Ergebnisse der Bandscheibenendoprothetik und der  
Fusionsoperation an der Halswirbelsäule über 5-11,5 Jahre

Inaugural-Dissertation zur Erlangung der Doktorwürde  
der Hohen Medizinischen Fakultät  
der Universität zu Köln

vorgelegt von  
Stephanie Andrea Hopf  
aus Münster

promoviert am 20. Januar 2016

Gedruckt mit der Genehmigung der Medizinischen Fakultät zu Köln  
Jahr: 2016

Dekan: Universitätsprofessor Dr. med. Dr. h.c. Th. Krieg

1. Berichterstatter: Universitätsprofessor Dr. med. P. Eysel
2. Berichterstatter: Universitätsprofessor Dr. med. R. Goldbrunner

Erklärung:

Ich erkläre hiermit, dass ich die vorliegende Dissertationsschrift ohne zulässige Hilfe Dritter und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe; die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Gedanken sind als solche kenntlich gemacht.

Bei der Auswahl und Auswertung des Materials sowie bei der Herstellung des Manuskriptes habe ich Unterstützungsleistungen von folgender Person erhalten:

- Universitätsprofessor Dr. med. P. Eysel

Weitere Personen waren an der geistigen Herstellung der vorliegenden Arbeit nicht beteiligt. Insbesondere habe ich nicht die Hilfe einer Promotionsberaterin/ eines Promotionsberaters in Anspruch genommen. Dritte haben von mir weder unmittelbar noch mittelbar geldwerte Leistungen für Arbeiten erhalten, die im Zusammenhang mit dem Inhalt der vorgelegten Dissertationsschrift stehen.

Die Dissertationsschrift wurde von mir bisher weder im Inland noch im Ausland in gleicher oder ähnlicher Form einer anderen Prüfungsbehörde vorgelegt.

Köln, den 03.06.2015

---

Stephanie Andrea Hopf

Die in dieser Arbeit zugrunde liegenden Daten wurden mit und ohne meine Mitarbeit in der Lubinus Klinik, Steenbecker Weg 25 in 24106 Kiel ermittelt.

Die Krankengeschichten wurden von mir selbst ausgewertet. Die Nachuntersuchungen wurden gemeinsam mit Prof. Dr. med. C. H., Dr. med. L. G. sowie Dr. med. B. B. durchgeführt.

## **Danksagungen**

Herrn Universitätsprofessor Dr. Eysel danke ich sehr für die Überlassung der Arbeit und seine fortwährende Ansprechbarkeit. Mit seinen Ratschlägen und Hinweisen hat er es mir ermöglicht, eine realistische und präzise Auswertung und Darstellung der Daten durchzuführen. Dies gilt auch für die kritische Durchsicht des bei dem Kongress der Deutschen Wirbelsäulengesellschaft (DWG) eingereichten Abstraktes, die schließlich zur Annahme des Vortrags geführt hat.

Schließlich danke ich meinen Eltern sehr. Meinem Vater danke ich für die unendliche Geduld bei den Diskussionen zur Präzisierung des Themas sowie meiner Mutter für die gute Motivation und Unterstützung gerade in schwierigen Zeiten. Ebenfalls bedanke ich mich bei meinen Geschwistern für ihre Unterstützung während der Erstellung dieser Arbeit.

Abschließend danke ich meinem Partner für die Unterstützung und fortwährende Motivation in dieser Zeit sehr.

## **Inhaltsverzeichnis**

### **I Abkürzungsverzeichnis**

#### **Abkürzungsverzeichnis**

<b>1) Einleitung .....</b>	<b>9</b>
<b>I. Einführung in das Thema .....</b>	<b>9</b>
<b>II. Anatomie der Wirbelsäule .....</b>	<b>9</b>
<b>III. Bewegungssegment.....</b>	<b>10</b>
<b>IV. Biomechanische Besonderheiten der Wirbelsäule.....</b>	<b>11</b>
<b>V. Degenerative Erkrankungen der Wirbelsäule.....</b>	<b>11</b>
<b>VI. Pathophysiologie der Bandscheibendegeneration .....</b>	<b>12</b>
<b>VII. Therapiemöglichkeiten .....</b>	<b>13</b>
<b>VII.I. Anteriore cervikale Diskektomie und Fusion (ACDF).....</b>	<b>14</b>
<b>VII.II. Endoprothetik.....</b>	<b>16</b>
<b>VIII. Einführung in die Fragestellung der Studie .....</b>	<b>19</b>
<b>IX. Zielsetzung der Studie.....</b>	<b>21</b>
<b>2) Methodik.....</b>	<b>22</b>
<b>I. Studiendesign und Patientenkollektiv.....</b>	<b>22</b>
<b>II. Ein- und Ausschlusskriterien.....</b>	<b>22</b>
<b>III. Klinische Untersuchungen .....</b>	<b>23</b>
<b>IV. Radiologische Untersuchungen .....</b>	<b>28</b>
<b>VI. Sozialmedizinische Daten .....</b>	<b>30</b>
<b>VII. Statistik .....</b>	<b>31</b>
<b>3) Ergebnisse .....</b>	<b>32</b>
<b>I. Patientenkollektiv .....</b>	<b>32</b>
<b>II Präoperative Symptomatik .....</b>	<b>35</b>
<b>III. Operation.....</b>	<b>38</b>
<b>IV. Postoperative Symptomatik.....</b>	<b>41</b>
<b>V . Radiologische Ergebnisse in Intervall VI.....</b>	<b>51</b>
<b>VI. Klinische Untersuchungen.....</b>	<b>58</b>
<b>4) Diskussion .....</b>	<b>65</b>
<b>I. Einführung in die Literatur .....</b>	<b>65</b>
<b>II. Diskussion der eigenen Ergebnisse mit der Literatur der HWS-Prothesen         und der ACDF.....</b>	<b>67</b>
<b>III. Diskussion der Komplikationsrate mit der Literatur.....</b>	<b>70</b>
<b>IV. Diskussion der Lebensqualität (SF- 12 ) mit der Literatur .....</b>	<b>74</b>
<b>VI. Diskussion des Auftretens von Anschlussdegenerationen in Abhängig-         keit des Nikotinabusus mit der Literatur .....</b>	<b>76</b>

<b>VII.Limitationen der Studie .....</b>	<b>77</b>
<b>5) Zusammenfassung.....</b>	<b>80</b>
<b>6) Literaturverzeichnis .....</b>	<b>82</b>
<b>7) Vorabveröffentlichung von Ergebnissen .....</b>	<b>97</b>
<b>8) Anhang .....</b>	<b>98</b>
<b>8.1. Abbildungsverzeichnis .....</b>	<b>98</b>
<b>8.2 Graphikverzeichnis.....</b>	<b>99</b>
<b>8.3. Tabellenverzeichnis .....</b>	<b>100</b>
<b>8.4. Abbildungs-, Graphik-, Tabellen- und Auflistungsverzeichnis des Anhangs.....</b>	<b>101</b>
<b>8.5. Abbildungen, Graphiken, Tabellen und Auflistungen des Anhangs .....</b>	<b>102</b>
<b>9) Lebenslauf .....</b>	<b>129</b>

## **Abkürzungsverzeichnis**

Abb.	Abbildung
ACD	anteriore cervikale Diskektomie
ACDF	anteriore cervikale Diskektomie und Fusion
bzw.	beziehungsweise
ca.	circa
CDA	cervikale Diskektomie und Arthroplastik
CT	Computertomographie
etc	et cetera
HWS	Halswirbelsäule
Lig.	Ligamentum
LWS	Lendenwirbelsäule
MCS	Mental Component Score
MRT	Magnetresonanztomographie
NDI	Neck Disability Index
PCS	Physical Component Score
ROM	Range of Motion
Tab.	Tabelle
SF – 12	Short – Form 12
VAS	visuelle Analogskale

## **1) Einleitung**

### **I. Einführung in das Thema**

Die Wirbelsäule hat sich als tragendes und bewegliches Element des menschlichen Körpers evolutionsbedingt zum zentralen Bindeglied des Bewegungsapparates entwickelt. Bei einem Fehlen von Literaturangaben über Rückenschmerzen oder andere Beschwerden im Wirbelsäulenbereich in der medizinischen Literatur des 19. und frühen 20. Jahrhunderts besitzen diese heute eine hohe epidemiologische und gesundheitsökonomische Bedeutung (Gesundheitsberichtserstattung des Bundes 2012, RKI). Die Lebenszeitprävalenz der Rückenschmerzen liegt zwischen 74- 85% mit einem Maximum im fünften und sechsten Lebensjahrzehnt (Gesundheitsberichtserstattung des Bundes 2006, RKI).

Die Definition der Rückenschmerzen durch die „Gesundheitsberichtserstattung des Bundes“ umfasst Schmerzen, die von unterschiedlichen Krankheiten, den Knochen, den Gelenken, dem Bindegewebe, den Muskeln und den Nerven hervorgerufen werden. Die Hauptursachen der Beschwerden beruhen auf degenerativen Veränderungen. Weitere Gründe von Rückenschmerzen sind Verletzungen, Entzündungen, Erkrankungen innerer Organe, bös- oder gutartige Neubildungen, gynäkologische Ursachen oder Erkrankungen des Rückenmarks und der Nervenwurzeln. Spezifische Rückenschmerzen, als deren Ursache eine umschriebene körperliche Erkrankung bzw. ein biologischer Prozess (z.B. Entzündung) oder die anatomische Quelle der Schmerzen (z.B. Nervengewebe, Bandscheibe, Wirbelgelenke, Muskulatur) vorhanden sind, finden sich bei nur 20% aller Betroffenen. Bei den 80% der nichtspezifischen Rückenschmerzen lässt sich keine eindeutige körperliche Ursache finden.

Die gesundheitsökonomische Bedeutung und die außerordentliche Belastung ergeben sich mit circa neun Milliarden Euro deutschlandweit (Stand 2008) aus den hohen jährlichen, steigenden Behandlungskosten (Gesundheitsberichtserstattung des Bundes 2012, RKI), denen die Kosten für Arbeitsausfälle und frühzeitige Berentungen hinzugerechnet werden müssen. Unter Berücksichtigung der Arbeitsfehltag, der Summen der Medikation, der von Präventions- und Rehabilitationsmaßnahmen und der Ausgaben für operative Eingriffe steigen die Kosten auf 19,736 Mrd. Euro pro Jahr an.

Zum Verständnis der Entstehung der verantwortlichen, multidegenerativen Prozesse der Wirbelsäule und der nachfolgenden Therapie muss die Wirbelsäule als Gesamtkonstrukt gesehen werden.

### **II. Anatomie der Wirbelsäule**

Die Wirbelsäule des Menschen besteht aus 32- 34 Wirbeln und besitzt eine doppel- s-förmige Krümmung.

Eingeteilt wird die Wirbelsäule in fünf Bereiche: 7 cervikale, 12 thorakale, 5 lumbale Wirbel, 5 sakrale Wirbel und 3- 5 coccygeale Wirbel.

Das Profil der Wirbelsäule weist von cranial bis kaudal den folgenden Aufbau auf:

- Lordose der HWS
- Kyphose der BWS
- Lordose der LWS
- Kyphose der SWS.

Die Untersuchungen dieser Studie befassen sich mit der Halswirbelsäule, ihren Erkrankungen und dem Vergleich verschiedener Therapieansätze. Die Halswirbelsäule besteht aus sieben Halswirbeln mit acht Nervenpaaren, welchen ein spezifisches Dermatom zugeordnet ist. Das jeweilige sensible Dermatom gibt Hinweise auf die Höhe des austretenden Nervenpaares (s. Abb. 1 im Anhang). Gleichzeitig weisen die Nervenäste neben den sensiblen auch motorische Anteile auf (s. Tab. I im Anhang).

### III. Bewegungssegment

Das Bewegungssegment ist die kleinste funktionelle Einheit der Wirbelsäule, deren Strukturen wie ein einziges Gelenk wirken. Ein Bewegungssegment umfasst die Bandscheibe, die beiden angrenzenden Wirbel, die Gelenke und die Bänder.

Im Bewegungssegment der Wirbelsäule ist die Bandscheibe als stabilisierender Faktor zwischen den zwei Wirbelkörpern lokalisiert (Abb. 1). Sie besteht aus dem inneren Nucleus pulposus (druckfester Inhalt) und dem äußeren Anulus fibrosus (zugfeste Hülle).

Die Foramina intervertebralia erlauben über die Zuordnung des beidseitigen Nervenwurzelaustritts eine exakte Bestimmung der Höhe bei symptomatischen Läsionen.

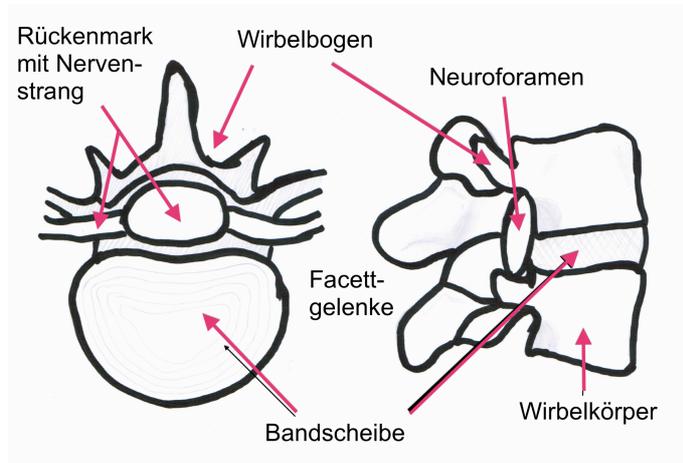


Abb. 1: Darstellung des Bewegungssegmentes

Der dritte Teil des Bewegungssegmentes sind die Wirbelbogen- oder Facettgelenke als synoviale Gelenke zwischen zwei benachbarten Wirbeln. Die Gelenke erlauben eine In- und Reklination.

Die Hauptaufgaben des Bandapparates als viertem Bestandteil sind der Schutz der Wirbelsäule vor Verletzung und die Reduktion der Beweglichkeit innerhalb bestimmter Grenzen. Das Lig. longitudinale anterius, das Lig. longitudinale posterius, das Lig. flavum, das Lig. intertransversarium und das Lig. supraspinale bilden den Bandapparat. Das Lig. flavum schließt den Wirbelkanal an der dorsalen Seite ab. Eine Hypertrophie des Lig. flavum oder eine Verknöcherung des an der Vorderwand entlanglaufenden Lig. longitudinale posterius kann zu einer Wurzelkompression mit den typischen Beschwerden des jeweiligen Segments führen (Parke 1988).

#### **IV. Biomechanische Besonderheiten der Wirbelsäule**

Biomechanische Besonderheit der Wirbelsäule und des Bewegungssegmentes ist die Bandscheibe. Die auf die Wirbelsäule einwirkenden statischen und dynamischen Kräfte verteilen sich durch die mechanische Wirkung der Bandscheibe gleichmäßig über die angrenzenden Wirbelkörper und verhindern eine punktuelle Belastung, die pathologische Veränderungen am Wirbelkörper durch Spannungsspitzen hervorrufen können. Gleichzeitig erfolgen eine Pufferung von Schlägen oder Stößen und eine Stabilisierung des Segmentes durch die Bandscheibe.

Eine weitere biomechanische Besonderheit der Halswirbelsäule ist die extreme Rotationsfähigkeit in den oberen Halswirbelsegmenten C 0/1 und C 1/2, welche 60% der Bewegung ermöglicht (Pitzen et al. 2001). Zusätzlich ist C 0/1 wesentlich für Flexion und Extension des Kopfes verantwortlich. Dadurch können Bewegungsausfälle der unteren Segmente gut kompensiert werden. White und Panjabi definierten in ihrer Studie 2001 die biomechanischen Besonderheiten der Wirbelsäule (s. Tab. 2 im Anhang).

#### **V. Degenerative Erkrankungen der Wirbelsäule**

Mixter und Barr wiesen 1934 erste pathophysiologische Zusammenhänge des Wirbelsäulenverschleißes nach. Degenerationen der gesamten Wirbelsäule sind normale Alterungsvorgänge, die insbesondere die beweglichen Elemente der Hals- und Lendenwirbelsäule betreffen. Sie sind bei jedem Menschen ab dem 30. Lebensjahr radiologisch nachweisbar. Nur ein sehr geringer Teil dieser degenerativen Veränderungen führt zu klinisch manifesten und damit behandlungsbedürftigen Symptomen.

Pathologische Veränderungen sind Degenerationen der Bandscheiben, reaktive Veränderungen an Deckplatten oder Kanten oder eine Arthrose der Uncovertebralgelenke. Degenerative Veränderungen führen zur Osteophytenentwicklung, die eine Beschwerdesymptomatik nach sich ziehen können. In der Nähe der Foramina intervertebralia oder der Foramina transversalia vorhandene Osteophyten können zur Kompression der cervikalen Nervenwurzeln oder der A. vertebralis führen.

An der Halswirbelsäule ist überdurchschnittlich häufig der Bereich der mittleren bis unteren Segmente C<sub>5</sub>- C<sub>7</sub> betroffen, da diese eine große Beweglichkeit aufweisen und zusätzlich eine axiale Last zu tragen haben (Takayasu et al.1998, Salame et al. 2002, Shad et al. 2005, Maldonado et al. 2011, Wang et al. 2011).

## **VI. Pathophysiologie der Bandscheibendegeneration**

Neben den ossären Degenerationen und ligamentären Hypertrophien an der Wirbelsäule ist die Bandscheibe in erster Linie von Verschleißprozessen betroffen. Der Wassergehalt im Nucleus pulposus mindert sich von 90 % im ersten Lebensjahr um bis zu 74 % im 80. Lebensjahr und führt damit zu einer Reduktion des hydrostatischen Druckes der Bandscheibe. Es entstehen Risse des Anulus fibrosus, Vorwölbungen des Nucleus pulposus (Protrusio) und Bandscheibenvorfälle (Fernstrom 1996, Reichelt 1993, Fowler et al. 1997, Floyd et al. 2000), deren Folgen Schmerzen und segmentalen Nervenwurzelaustritten sein können. Im Zuge der Selbstheilung entwickeln sich erste Spondylophyten in Form von Randzackenbildungen.

Ein reduzierter Wassergehalt des Nucleus pulposus führt zur Instabilität des Bewegungssegmentes. Pathologische, seitliche Scher- und Drehbewegungen bewirken eine unphysiologische Belastung und langfristig weitere Degenerationen. Durch die gesteigerte mechanische Belastung finden reaktive knöcherne Veränderungen mit dem Versuch der Stabilisierung durch Fusion des Bewegungssegments statt. Folgen sind ein Funktionsverluste, Fehlhaltungen (Kyphosen) und damit Beschwerden in den angrenzenden Segmenten mit additiver Spinalkanalstenose sowie konsekutiver Kompression des Rückenmarks oder der Nervenwurzel (Rössler 2000).

Im Röntgenbild sind weitere Vorgänge sichtbar (Abb. 2):

- Chondrose des Intervertebralraums
- Osteochondrose der Deckplatten
- Spondylarthrose
- der Entwicklung von Spondylophyten,

die zur Segmentfusion führen können.



Abb. 2: Degenerative HWS im sagittalen Strahlengang

1. Bandscheibenverschmälerung
2. spondylotische Rundzacken

## VII. Therapiemöglichkeiten

Die deutsche Gesellschaft für Orthopädie und orthopädische Chirurgie sieht eine Indikation zur konservativen Therapie einer radikulären oder pseudoradikulären Symptomatik, solange keine wesentlichen motorischen Defizite bestehen und der Schmerz medikamentös und physikalisch beherrschbar ist (Leitlinien „Bandscheibenvorfall“, DGOOC 1997).

Eine konservative Therapie besteht dabei vorwiegend aus physiotherapeutischen und physikalischen Therapien sowie einer ausreichenden Analgesie. Bei einer 8- 12 Wochen andauernden frustranen, konservativen Therapie oder bei direktem Vorliegen einer akuten neurologischen Symptomatik ist die operative Therapie das Verfahren der ersten Wahl. Es werden dabei grundsätzlich zwei unterschiedliche Verfahren unterschieden.

Als Goldstandard werden die anteriore cervikale Diskektomie und Fusion, also eine Versteifung der Halswirbelsäule durch Verwendung eines autologen Knochens oder Cages, nach der Ausräumung des Bandscheibenraumes durch einen ventralen Zugang verstanden.

Dringliche und häufige Indikationen der Fusionsoperation sind:

- Bandscheibenprolaps mit ausgeprägter Parese
- Instabile HWS nach Fraktur oder Luxation
- Entzündungen und Tumoren
- Ventrale Raumforderung des Rückenmarks

- Posttraumatische Kyphosierung und Instabilität
- Therapieresistente symptomatische Degeneration.

Als angeblich segmentstabilisierende und bewegungserhaltende Alternative wurde in den letzten 15 Jahren die Bandscheibenprothese eingesetzt. Diese wird ebenfalls durch einen vorderen Zugang nach Ausräumung des Bandscheibenfaches implantiert. Indikationen der Prothesenoperation sind:

- Bandscheibendegeneration
- Prolaps im Bereich der HWS.

Kontraindikationen für die Implantation einer Bandscheibenprothese sind eine Osteoporose, bekannte Instabilitäten, entzündliche Prozesse, starke Facettgelenksarthrose, Osteomyelitis und Traumata (Fritsch et al. 2006).

#### **VII.I. Anteriore cervikale Diskektomie und Fusion (ACDF)**

Die Ziele der ACDF wurden 1952 von Bailey and Bagdley definiert:

- permanenter Schutz des Rückenmarks
- Reduktion der Schmerzen sowie der Fehlhaltung
- adäquate Fixation zur Verhinderung einer Deformität.

Die operative Therapie wurde durch verschiedene Verfahren bestimmt. Erste Verfahren erfolgten über eine aus der Tumorchirurgie bekannte Laminektomie gefolgt von der Hemi- und der Teilhemilaminektomie. Parallel zur Entwicklung und Modifizierung des dorsalen Zugangs wurden ventrolaterale (Verbiest 1966), laterale (Verbiest 1968) und dorsolaterale Zugänge (Fager 1983) entwickelt.

Die anteriore cervikale Diskektomie als klare Alternative zur posterioren Fusion wurde 1952 von R. W. Bailey and Bagdley angegeben, die komplikationslose Fusionen bei 20 Patienten beschrieben. Smith und Robinson führten 1958 die ersten Versteifungen mit einem autologen Knochentransplantat durch. Das Verfahren wurde nur ein Jahr später von Cloward (1959) über ein spezielles Instrumentarium und die Verwendung eines autologen zylindrisch geformten Knochenspan aus dem Beckenkamm standardisiert. Die Entnahme des Knochenspanns kann zu persistierenden starken Schmerzen an der Entnahmestelle sowie Irritationen des N. cutaneus femoris führen. Komplikationen sind z.B. der Transplantatbruch, die Transplantatsinterung und die Entwicklung einer Pseudarthrose oder kyphotischen Deformitäten (White et al. 1973, Brodsky et al. 1992, Geisler et al. 1998).

Als Alternative für den autologen Knochenspan wurde Anfang der 60er Jahre Methylmethacrylat eingesetzt. Der „Knochenzement“ (Polymethyl- Methacrylat (PMMA)) wurde zur Stabilisierung der Halswirbelsäule nach Unfällen oder Tumorsektionen verwendet (Scoville et al. 1967, Dunn et al. 1977). Grote et al. (1970) berichteten über gute Ergebnisse bei 212 Patienten, die mit PMMA versorgt wurden. Die guten Ergebnisse ließen sich in neueren Studien nicht bestätigen. Kunz et al. (1995) geben an, dass bei der Implantation von PMMA deutliche Nachteile gegenüber der ACDF mit Spongiosaplastik bestehen. Schröder et al. (2001) berichteten über Transplantatbrüche und Dislokationen bei der Anwendung von PMMA.

1997 wurde die Einführung eines Platzhalters, des „Cages“, bestehend aus Titan oder Kunststoff, mit einer guten Strukturfestigkeit beschrieben (Brooke et al. 1997). Optional kann der Cage mit lokal gewonnenem Knochenmaterial zur schnelleren Fusionierung gefüllt werden (Anderson et al. 2002, Anthony et al. 2009). Bisher konnte jedoch noch kein klinisch besseres Ergebnis mit Cages anstelle der traditionellen ACDF publiziert werden (Vavrouch et al. 2002).

Eine weitere Entwicklung der ACDF ist die Ergänzung des bisherigen Standards mit einer rigiden Platte, die ventral zwischen die Wirbelkörper angebracht wird und eine größere Stabilität zur Folge hat. Diese Technik der ACDFI wurde 1970 erstmalig durch Orosco et al. (1970) beschrieben. Die von Caspar 1981 vorgestellte Trapezplatte führte zu einer weiteren Verbesserung (Caspar et al. 1989). Weitere Entwicklungen wie die Cervical Spine Locking Plate (Morscher et al. 1986) und die Orion- Platte (Fessler et al. 1996) folgten. In späteren Studien wurde nachgewiesen, dass eine zusätzlich Plattenimplantation eine Erhöhung der Fusionsrate und eine Reduktion der kyphotischen Deformität bewirkte (Geer et al. 1999, Shapiro et al. 2001, Tye et al. 2002).

### **VII.I.I. Operative Methoden der ACDF**

Der narkotisierte Patient liegt in neutraler Rückenlage mit leichter Überstreckung der HWS auf dem strahlendurchlässigen Operationstisch mit Stabilisierung des Kopfes und der Schultern. Der C- Arm des Bildwandlers wird in 90° Winkel zum OP- Tisch positioniert. Der Zugang erfolgt parallel zum Vorderrand des M. sternocleidomastoideus mit Bevorzugung der linken Seite zur Schonung des N. laryngeus recurrens. Es folgen die stumpfe Präparation am Vorderrand des M. sternocleidomastoideus nach Spaltung des Platysma und die Präparation zur Halswirbelsäule unter der Lateralisation des Gefäß- Nerven- Bündels (A. carotis, V. jugularis interna, N. vagus).

Nach der Bestätigung der richtigen Segmenthöhe mittels Durchleuchtungskontrolle erfolgen die Resektion der Bandscheibe, des hinteren Längsbandes und die Anfrischung der Deckplatten über eine Kugelkopfräse. Es werden die Neurolyse und Dekompression un-

ter der Resektion eines vorhandenen Bandscheibenvorfalles durchgeführt. Es folgen die trikortikale Beckenkammspanentnahme mit Zugang oberhalb der Spina iliaca anterior superior, die Spanadaptation an die anatomische Situation von Grund- und Deckplatte und die Transplantation. Eine ventrale Platte korrekter Länge wird mit Schrauben an den betroffenen Wirbelkörpern fixiert, gefolgt von einer erneuten Bildwandlerkontrolle (Abb. 2 im Anhang). Nach der Bestätigung einer korrekten Implantatlage wird die Wunde nach dem Einbringen der Redondrainage verschlossen.

## **VII.II. Endoprothetik**

Die cervikale Endoprothetik zur Behandlung von Halswirbelsäulenerkrankungen verschiedener Ätiologien wurde als Alternative zur Fusionsoperation eingeführt. Ziele dieser neuen Methode sind die Reduktion der Beschwerden, die Wiederherstellung der segmentalen Beweglichkeit sowie eine Minderung der Mehrbelastung der benachbarten Segmente zur Vermeidung einer Anschlussdegeneration.

In zahlreichen Studien wurden der künstlichen Bandscheibenersatz und die vermeintlich damit verbundenen Vorteile insbesondere an der Lendenwirbelsäule geprüft, ein physiologisches sagittales „Alignement“ sowie eine erhaltene Beweglichkeit des Bewegungssegmentes wurden dokumentiert (Fernström et al. 1966, Büttner- Janz et al. 1988, Cummins et al. 1998, Marnay et al. 2002, Zigler, 2003, Bertagnoli et al. 2004, Cheng et al. 2008, Kim et al. 2009, Grob et al. 2009, Barbagello et al. 2009).

### **VII.II.I. Geschichte der Wirbelsäulenendoprothetik**

Fernström berichtet 1965 über die erste eingesetzte Bandscheibenprothese an der Lendenwirbelsäule. Das aus einer Kugel aus nichtrostendem Metall („stainless steelball“) bestehende Implantat setzte Fernström bei 191 Lenden- und 13 Halswirbelsäulenpatienten ein. Anfängliche Erfolge bestätigten sich nicht aufgrund häufiger Implantateinbrüche in die Wirbelkörperplatten (Fernström et al. 1966).

Die erste Entwicklung einer lumbalen Bandscheibenendoprothese fand in Berlin statt (Büttner- Janz et al. 1988), in der die SB Charité Prothese aus zwei Chrom- Kobalt- Endplatten mit integriertem Polyethylenkern entwickelt wurde. Die ähnliche konstruierte ProDisc L- Bandscheibenendoprothese wurde 1989 in Frankreich auch für die Lendenwirbelsäule entwickelt (Marnay 2003). Ihre Verwendung kann in den Langzeitergebnissen in 70% der Fälle gute Werte aufweisen (Lee et al. 2004, Guyer et al, 2003).

Als Konsequenz der guten Frühergebnisse der lumbalen Bandscheibenendoprothesen wurden Halswirbelsäulenprothesen entwickelt. 1989 wurde als erste cervikale Bandscheibenprothese die „Bristol- Cummins- Bandscheibenprothese“ vorgestellt, die ab 1991

erstmalig bei 20 Patienten implantiert (Cummins et al. 1998) und nach Modifikationen von Design und Fixation ab 2000 als „Prestige- Prothese“ verwendet wurde.

Im Jahr 2000 wurde die „Bryan Disc“ (Bryan 2002) entwickelt, die 2002 von Goffin in Belgien erstmalig eingesetzt wurde. 2003 folgte die Einführung der ProDisc C. Frühergebnisse zeigten positive Resultate (Bertagnoli et al. 2005, Nabhan et al. 2007). In den letzten Jahren stieg die Anzahl der neu entwickelten Bandscheibenprothesen kontinuierlich an, sodass zeitweise 18 verschiedene Modelle auf dem Markt erhältlich waren (Orr et al. 2007).

In einer ersten vergleichenden Studien von Fusions- und Bandscheibenendoprothesen (Nabhan et al. 2007, 2009) wurde angegeben, dass nach Fusionsoperationen eine signifikant höhere Rate an degenerativen Veränderungen der Anschlusssegmente als bei Endoprothesenoperationen entsteht.

### **VII.II.II. Prothesenmodelle**

Gegenstand der Untersuchung sind die Ergebnisse nach der Implantation von ProDisc C der Firma Synthes und der Bryan Prothese der Firma Medtronic.

#### **VII.II.II.I. Konstruktion, Biomechanik und Verträglichkeit**

##### **a) Bryan Prothese von Medtronic**

Die Bryan Disc wurde in der Zwischenzeit bei mehr als 5500 Patienten eingesetzt. Sie setzt sich aus einer Deck- und Bodenplatte mit einem dazwischen liegendem Polyurethankern zusammen (s. Abb. 3 im Anhang), der von einer äußeren Polyurethanhülle umgeben ist, die alle durch Bewegung entstehenden Abnutzungspartikel auffangen und das Einsprossen von Fibroblasten verhindern soll. Die Füllung der inneren Matrix erfolgt intraoperativ durch eine kleine Öffnung in der Endplatte mit Kochsalzlösung.

Die porös gestalteten Deck- und Bodenplatten erlauben einen großflächigen Kontakt mit der Spongiosa der Wirbelkörpers. Die poröse Fläche ist von einem glatten Endstück umgeben, welches an der Vorderfläche der Endplatten eine Lippe aufweist, die der instrumentellen Handhabung dienen soll. Die glatt angefertigten inneren Flächen der Deck- und Bodenplatten verhindern Reibungswiderstände mit dem inneren Polyurethankern.

Der zentrale Bewegungspunkt der Bryan Disc ist durch die inneren Flächen der Deck- und Bodenplatten sowie den inneren Polyurethankern definiert. In dem von Pointillart (2001) vorgenommenen Vergleich von Bryan Disc und anteriorer, cervicaler Diskektomie und Fusion bestanden vergleichbare Ergebnisse hinsichtlich neurologischer Restitution und segmentaler Halswirbelsäulenbeschwerden. Ähnliche Ergebnisse ermittelten Goffin et al. (2002) bei der Untersuchung der Prothese anhand der Odom's Kriterien nach 6, 12 und 24 Monaten. Es zeigten sich jeweils sehr hohe Werte um die 90 % (Odom's Kriterien) so-

wie keine Anzeichen für Dislokationen bei einer sehr guten Halswirbelsäulenbeweglichkeit der einzelnen Patienten (Goffin et al. 2002, 2003). Anderson et al. (2003) analysierten in ihrer Studie die Höhenminderung, Abnutzung und mögliche Gewebepneumonie bei implantierten Bryan Disc- Prothesen nach einer Zeit von ca. 12 Monaten. Eine Höhenminderung des Zwischenwirbelraums, eine signifikante Abnutzung der Prothese oder eine entzündliche Gewebepneumonie war in diesem Zeitraum nicht nachweisbar. Wang et al. (2005) konnten in ihrer Studie keinerlei Hinweise wie zum Beispiel metallische Partikel für aufgetretene Abnutzungserscheinungen oder Osteolysen im prothesenumgebenden Gewebe finden.

Einen endgültigen Beweis der Überlegenheit der Bryan Disc gegenüber der ACDF könnten Langzeitergebnisse von fünf bis zehn Jahren aufzeigen, die derzeit noch nicht vorliegen (Kim et al. 2009, Wang et al. 2005, Goffin et al. 2003).

### **b) ProDisc C Prothese von Synthes**

Bertagnoli und Marnay modifizierten die lumbale ProDisc L in eine an Größe und Funktion an die Halswirbelsäule adaptierte ProDisc C. Analog zu der Bryan Disc besteht die ProDisc C aus einer Grund- und Deckplatte sowie einem Kunststoff- Inlay (s. Abb. 4 im Anhang). Die Grund- und Deckplatte wird von einer Kobalt- Chrom- Molybdän- Legierung überzogen. Im Bereich der zu verankernden Flächen an den Grund- und Deckplatten existieren zentrale Kiele zur Rotationssicherung. Die aufgerauten Oberflächen der Prothesenendplatten sollen ein Anwachsen des Knochens und eine langfristige Fixation der ermöglichen.

Die Gestaltung der Prothese lässt ein Kugel- Gelenk- Prinzip entstehen, welches eine physiologische Bewegung, eine anatomische Balance und eine kontrollierte Bewegung im Bereich der Facettgelenke gewährleisten soll. Die Biomechanik der Prothese soll der eines natürlichen Bandscheibe entsprechen: Die Rotations- und Flexionszentren sollen einen physiologischen Bewegungsumfang bei Flexion/ Extension sowie Rotation wiederherstellen. Translatorische Bewegungen sind aufgrund des Kugel- Gelenks- Prinzips nicht möglich.

Marnay (2002) stellte in einer Langzeitstudie fest, dass nach einer Tragezeit 7 - 11 Jahren alle Modelle intakt waren und problemlos funktionierten, ohne dass Implantatbrüche, Revisionsoperationen oder Bewegungseinschränkungen nachzuweisen waren. Ähnliche Ergebnisse wies eine prospektive Studie mit 134 Patienten von Bertagnoli et al. (2005) auf. In mehr als 90 % wurde das klinische Outcome als exzellent beschrieben (Odom's Kriterien), negative Ergebnisse bestanden nicht. Es wurden keine vermehrt auftretenden radiologischen degenerativen Veränderungen, jedoch signifikante Verbesserungen von bestehenden Arm- und Nackenbeschwerden nachgewiesen.

2003 wurde in den Vereinigten Staaten eine FDA Studie zum Vergleich von ProDisc C und der anterograden Diskektomie und Fusion an 209 Patienten durchgeführt (Murrey et al. 2009). Zusammenfassend ließ sich nachweisen, dass nach 24 Monaten das Bewegungsausmaß bei der Prothese besser erhalten war als bei der standardisierten Fusion. Eine vermehrte Anschlussdegeneration im benachbarten Segment bei den standardisierten Fusionen ließ sich nach 24 Monaten jedoch nicht beweisen.

#### **VII.II.II.II. Operatives Implantationsverfahren**

Die operativen Verfahren der Bryan Disc und der ProDisc C unterscheiden sich nur in wenigen Punkten, sodass hier eine zusammenfassende Darstellung der Implantationsverfahren erfolgt. Der Zugang erfolgt in gleicher Weise wie bei der Fusionsoperation. Nach der Dekompression der neuronalen Strukturen werden die Grund- und Deckplatten von der Bandscheibe befreit. Im Anschluss werden die Probeprotese eingesetzt und der Sitz der Prothese mittels Bildwandler kontrolliert. Danach wird die Originalprothese implantiert mit nachfolgender, erneuter Durchleuchtungskontrolle (s. Abb. 5a und b im Anhang). Es folgt der Wundverschluss mit Einlage einer Redondrainage und Anlage eines sterilen Wundverbandes.

#### **VIII. Einführung in die Fragestellung der Studie**

Die Ursachen der Bandscheibendegeneration sind multifaktoriell. Diskutiert werden die Wertigkeit von genetischen Veranlagungen, Einzelursachen wie Kompressions- und Scherbelastungen, das Auftreten von Vibrationen, das Alter sowie systemische und toxische Faktoren (Hadjipavlou et al. 2008). Axiale Kompressionsbelastungen führen zu einer Lastübertragung über den ventralen Wirbelsäulenabschnitt und kyphotische Fehlstellungen vermehren die Bandscheibenbelastung. Eine vermehrte Lordosierung belastet hingegen die Wirbelbogengelenke. Der multisegmentale Wirbelsäulenaufbau gewährleistet bei einem Fehlen ausgeprägter Deformierungen in der Frontal- und der Sagittalebene Stabilität und Beweglichkeit.

Nach Frymoyer et al. (1986) verhindern stabile Wirbelsäulenverhältnisse unter physiologischer Belastung unphysiologische Krafteinwirkungen sowie pathologische Segmentmotilitäten unter gleichzeitigem Schutz der neurologischen Strukturen. Die Nucleusdegeneration, die diskale Druckreduktion oder eine Nucleotomie führen zu einer Reduktion der Bandscheibenhöhe mit nachfolgender segmentaler Instabilität (Gower und Pedrini 1969). Durch zunehmende Verschleißerscheinungen der Wirbelsäule treten im Erwachsenenalter vermehrt Bandscheibenvorfälle und andere Degenerationsprozesse an der Halswirbelsäule auf.

Nach einer erfolglosen, konservativen Therapie oder bei dem Auftreten neurologischer Störungen ist die operative Therapie das Verfahren der Wahl (Leitlinie der Deutschen Ge-

sellschaft für Orthopädie und Unfallchirurgie, 2013). Als Goldstandard der operativen Therapie von Bandscheibenvorfällen gilt an der Halswirbelsäule die Nucleotomie mit einer Fusion des betroffenen Segmentes (Firsching et al. 2005, Nabhan et al. 2007, Park et al. 2008, Jaramillo de la Torre et al. 2008, Kim et al. 2009, Bhadra et al. 2009, Beaurain et al. 2009, Sing et al. 2012, Yin et al. 2013, Zigler et al. 2013).

Die Fusion eines Bewegungssegmentes führt zu einer Mehrbelastung der angrenzenden Segmente mit der möglichen Konsequenz einer Anschlussdegeneration. Diese kann, abhängig von den Beschwerden als Folge des Degenerationsgrads der Bandscheibe, der sagittalen Wirbelsäulenstellung und der Wirbelbogengelenke, zu der Notwendigkeit einer späteren operativen Versorgung führen. Als potentielle Risikofaktoren einer Anschlussdegeneration gelten Übergewicht, schwere körperliche Arbeit, Dysbalance der gesamten Wirbelsäule, Verlust der Lordose im fusionierten Teil und die Anzahl der fusionierten Segmente (Kumar et al. 2001, Gillet et al. 2003).

Kraemer et al. (2013) untersuchten in einem systematischen Review die Klassifikationen der Anschlussdegenerationen und der Anschlussenerkrankungen. Es zeigte sich, dass beim gegenwärtigen Vorliegen von sieben verschiedene Definitionen der Anschlussdegeneration/-erkrankung bisher keine einheitliche Klassifikation existiert. Hilibrand et al. definieren eine radiologische und schmerzfreie Veränderung des Nachbarsegmentes (z.B. Osteophyten, Bandscheibendegeneration, Facettgelenkshypertrophien, Spinalkanalstenosen und segmentale Hypertrophien) als Anschlussdegeneration. Eine Anschlussenerkrankung wird als das Auftreten einer neuen Radikulopathie oder Myelopathie mit einem radiographischen Nachweis der Degeneration des angrenzenden Bewegungssegmentes der Operationshöhe verstanden (Hilibrand et al. 1999, Chen et al. 2013).

Die Entwicklung von künstlichen Bandscheiben erfolgte mit dem Ziel, eine Mehrbelastung der angrenzenden Segmente nach Fusionsoperationen und mit drohender Anschlussdegeneration resp. -instabilität zu vermeiden. Untersuchungen zeigen eine dem Ursprungssegment entsprechende Beweglichkeit des mit einer Bandscheibenprothese ersetzten Segmentes, vergleichende Langzeituntersuchungen sind bisher nicht durchgeführt worden (Nabhan et al. 2007, Davis et al. 2013, Ryu et al. 2013, Zhang et al. 2013, Zhao et al. 2013, Zigler et al. 2013).

Als potentieller Risikofaktor wird der Konsum von Nikotin diskutiert. Der Einfluss von dauerhaftem Tabakabusus wirkt sich negativ auf die Fusionierung des Knochens aus (Kwiatkowski et al. 1994, Glassmann et al. 2000, Hilibrand et al. 2001, Patel et al. 2013). Eine Korrelation zwischen der Entstehung von Anschlussdegenerationen und -erkrankungen und Tabakkonsum ist in der Literatur bisher nicht beschrieben.

## **IX. Zielsetzung der Studie**

Im Gegensatz zu den Nachuntersuchungen der ACDF- Implantation existieren nur sehr wenige Studien mit einem postoperativen Beobachtungszeitraum von über 24 Monaten über die Implantation der Bandscheibendoprothesen, welche die theoretisch beschriebenen Vorteile der Endoprothese bestätigen (Andersson et al. 2008, Murrey et al. 2009, Maldonado et al. 2011, Singh et al. 2012).

Bei der Durchsicht der aktuellen Literatur besteht keine Korrelation zwischen dem Alter des Patienten und dem Auftreten von symptomatischen Anschlussdegenerationen, einem möglichen Nikotinabusus und dem Versichertenstatus des Patienten.

Daher werden folgende Untersuchungen durchgeführt:

1. Darstellung der Häufigkeit von symptomatischen Anschlussdegenerationen bei Fusions- bzw. Bandscheibenendoprothesenoperationen nach einem Beobachtungszeitraum von mindestens 60 Monaten.
2. Identifikation von Risikofaktoren für das Entstehen von symptomatischen Anschlussdegenerationen (Patientenalter, Segmentabhängigkeit, Anzahl der Operationssegmente, sagittale Balance, Einfluss von Nikotin)

## 2) Methodik

### I. Studiendesign und Patientenkollektiv

Die Studie ist eine retrospektive klinische und radiologische Kohortenstudie, die von der Ethikkommission der Ärztekammer Schleswig- Holstein im Jahr 2012 genehmigt wurde. Im Zeitraum vom 01.01.2000 - 31.12.2007 wurden insgesamt 434 Patienten im Lubinus Clinicum Kiel auf Grund einer cervikalen degenerativen Bandscheibenerkrankung mit einer anterioren cervikalen Diskektomie und Fusion (ACDF, n = 334) oder einer cervikalen Bandscheibenendoprothese (CDA, n = 110) versorgt. Voraussetzung für die Teilnahme der Studie war das Vorliegen einer degenerativen Erkrankung der Halswirbelsäule (s. Tab. 1 "Ein- und Ausschlusskriterien").

Die Indikationen für eine Operation waren eine frustrane konservative Therapie für mindestens acht Wochen mit physiotherapeutischer Behandlung, das Bestehen einer cervikalen Radikulopathie mit Kompression neuraler Strukturen und/ oder eine Einengung des Spinalkanals durch eine Osteochondrose (Leitlinie der Deutsche Gesellschaft für Neurologie, 2012). Als bildgebende Verfahren wurden die bestehende radiologische Bildgebung (native Röntgenuntersuchung und die Kernspintomographie (MRT) zur praeoperativen Diagnostik und zur postoperativen Beurteilung genutzt.

### II. Ein- und Ausschlusskriterien

Einschlusskriterien	Ausschlusskriterien
Operation (Fusion oder Bandscheibenendoprothese) im Zeitraum von 2000 - 2007 im Lubinus Clinicum Kiel	
Alter > 18 Jahre	
Discushernie	Multisegmentale Bandscheibenvorfälle
Radikulopathie	Myelopathie
Keine Besserung unter konservativer Therapie	
Einverständniserklärung des Patienten	
	Osteoporose, rheumatoide Arthritis

	Hepatitis, HIV- Infektionen
	Spondylodiscitis
	Maligne Erkrankungen
	Traumatische Verletzungen der Wirbelsäule
	Schwangerschaft
	Langandauernde psychosymptomatische Anamnese (> 6 Monate anhaltende somatoforme Schmerzstörung F45.41)

Tab. 1: Darstellung der Ein- und Ausschlusskriterien der Studie

### III. Klinische Untersuchungen

Die klinischen Untersuchungen fanden in den nachfolgenden Intervallen statt:

- praeoperativ (Intervall I)
- zum Zeitpunkt der Entlassung (Nachuntersuchungsintervall: II)
- ein bis drei Monate postoperativ (Nachuntersuchungsintervall: III)
- vier bis acht Monate postoperativ (Nachuntersuchungsintervall: IV)
- neun bis 24 Monate postoperativ (Nachuntersuchungsintervall: V)
- mehr als fünf bis 11,5 Jahre postoperativ (Nachuntersuchungsintervall: VI).

In den Intervallen I - V wurden die Patienten durch die Assistenzärzte, Oberärzte und den Chefarzt des Lubinus Clinicums Kiel untersucht. Im Intervall VI wurde die Untersuchung durch die Doktorandin durchgeführt. Im nachfolgenden Text werden diese Zeiträume unter dem Synonym „Adnexe 1“ zitiert.

#### III.I. Anamnese von Schmerz

Es erfolgte eine subjektive Schmerzanamnese der Patienten mit der genauen Lokalisation der angegebenen Schmerzen zu den angegebenen Intervallen (s. Adnexe 1). Die Lokalisation des Schmerz wurde klassifiziert in:

- segmentaler HWS- Schmerz
- Bewegungsschmerz
- Schmerz in der Mohrenheim'schen Grube
- Foramenocclusionsschmerz bei Reklination

- Schulterschmerz rechts/ links
- Oberarmschmerz rechts/ links
- Unterarmschmerz rechts/ links
- Daumenschmerz rechts/ links
- Schmerzen der Finger II, III, IV, V rechts/ links.

Zusätzlich wurde die Schmerzlokalisierung durch ventral, medial, dorsal oder lateral ergänzt. Die Vergleichbarkeit der Werte wurde durch die Befragung der Patienten, die ihre Schmerzintensität im Vergleich zu der bei der vorangegangenen Untersuchung angeben, gewährleistet. Eine anhand der Nachuntersuchungen erstellte Nominalskala mit folgenden Angaben ermöglichte einen Vergleich zur jeweiligen Voruntersuchung:

- Schmerzen reduziert
- Schmerzen identisch
- Schmerzen gesteigert
- keine Angabe zu Schmerzen.

Ein postoperativ weiterhin bestehender oder neu begonnener Analgetikakonsum wurde dokumentiert.

### **III.II. Neurologischer Status**

Ähnlich der Schmerzanamnese wurden die neurologischen Ausfälle, die Motorik und/oder Sensibilität, hinsichtlich ihrer Lokalisation und ihrer Schwere quantifiziert. Die Lokalisation der motorischen und sensiblen Ausfälle erfolgte analog der subjektiven Quantifizierung der Schmerzen:

Motorik:

- Schulter rechts/ links
- Oberarm rechts/ links
- Unterarm rechts/ links
- Daumen rechts/ links
- Finger II, III, IV, V rechts/ links
- eingeschränkte Atmung

Sensibilität

- Schulter rechts/ links
- Oberarm rechts/ links
- Unterarm rechts/ links
- Daumen rechts/ links

- Finger II, III, IV, V rechts/ links
- Dermatom C 1, C2, C3, C4, C5, C6, C7, C8 rechts/ links.

Der neurologische Status wurde durch das internationale Bewertungsschema der „American Spinal Injury Association“ (ASIA) bewertet (ASIA Impairment Scale, 1982, 1996, 2000). Durch Nutzung des „ASIA“- Scores konnte eine Änderung des neurologischen Status im weiteren Verlauf quantitativ erfasst werden (s. Tab. 3 im Anhang).

Einer Einteilung der unterschiedlichen Ausfallgrade der Sensibilität erfolgte, analog zu der Motorik, über die ASIA - Einteilung (s. Tab. 4 im Anhang).

Die sensiblen und motorischen Ausfälle wurden während der Nachuntersuchungsintervalle erfasst (s. Adnexe 1). Hier wurde gleichermaßen eine Nominalskala erstellt, um eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse zu gewährleisten:

- Motorik und/ oder Sensibilität reduziert
- Motorik und/ oder Sensibilität identisch
- Motorik und/ oder Sensibilität gesteigert
- keine Angabe zu Motorik und/ oder Sensibilität.

### III.III. Bewegungsmaß der Halswirbelsäule

Im Rahmen der klinischen Untersuchung (s. Adnexe 1) wurden folgende klinische Parameter der Halswirbelsäule anhand der Neutral- Null- Methode geprüft:

- Rotation
- Seitneigung
- Reklination/ Inklinat.

Ausgehend von den praeoperativ bestehenden Werten wurde untersucht, ob sich im Verlauf der Nachuntersuchungen eine objektivierbare Verbesserung, Verschlechterung oder keine Veränderung der Beweglichkeit feststellen lässt.

Zur Darstellung einer quantitativen Veränderung der Rotations- und Seitneigungswerte in der statistischen Auswertung erfolgte eine Einteilung der Werte in verschiedene Gruppen:

	Rotation (in Grad)	Seitneigung (in Grad)
physiologischer Wert	60 – 0 – 60	45 – 0 – 45
eine Seite kleiner	60 – 0 – < 60	45 – 0 – < 45
eine Seite größer	60 – 0 – > 60	45 – 0 – > 45

eine Seite kleiner, eine Seite größer	$> 60 - 0 - < 60$	$> 45 - 0 - < 45$
beide Seiten größer	$> 60 - 0 - > 60$	$> 45 - 0 - > 45$
beide Seiten kleiner	$< 60 - 0 - < 60$	$< 45 - 0 - < 45$

Tab. 2: Einteilung der Seitneigungs- und Rotationsgrade zur Beurteilung der Bewegungsfähigkeit der HWS

Veränderungen der Re- bzw. Inklination wurden durch die Messung des Kinn- Jugulum- Abstandes (Abstand Kinns Spitze und Incisura Jugularis bei maximaler Flexion bzw. Extension der Halswirbelsäule) bestimmt. Der Normwert liegt im Bereich von 0 cm (Kinn, Inklination) bis 20 cm (Jugulum, Reklination).

#### III.IV. SF- 12 und NDI

Die Messung der gesundheitsbezogenen Lebensqualität der Patienten zum Zeitpunkt des Intervalls VI erfolgte durch den SF- 12 (Short Form- 12) und den NDI (Neck Disability Index) als standardisierte Messinstrumente.

Der SF- 12 ist eine Kurzform des SF- 36 Health Survey und dient als ein Instrument zur Erfassung von Therapieerfolgen mittels subjektiver Einschätzung gesundheitsbezogener Lebensqualität durch die Patientengruppen. Der SF- 12 umfasst 12 Items des SF- 36, die sich auf die persönliche Empfinden und die täglichen Aktivitäten beziehen (s. Aufl. 1 im Anhang). Die Antworten der einzelnen Fragen werden einer Skala von 0 bis 100 zugeordnet, wobei 0 den schlechtesten physischen bzw. psychischen Zustand darstellt und 100 das höchste Maß an physischer bzw. psychischer Gesundheit. Anschließend erfolgt eine Auswertung der physischen (PCS) und psychischen (MCS) Scores über einen komplexen Algorithmus, der die Daten der Patienten mit Daten aus der Deutschen Gesamtbevölkerung vergleicht (Ware et al. 1993, 1996). Der durchschnittliche Wert der Deutschen Bevölkerung der jeweiligen Altersgruppen liegt im Mittel bei 50 %. Ein Wert unter 50 % weist eine schlechtere und ein Wert über 50 % eine höhere Lebensqualität als der Durchschnitt auf.

Die Quantifizierung der Einschränkung der Halswirbelsäule wird durch den NDI ermittelt, welcher 1989 von Vernon als Modifikation des „Oswestry Low Back Pain Index“ erstellt wurde und eine gute Reliabilität und Validität der erfragten Werte, auch bei wiederholten Befragungen, erzielt (Vernon und Mior 1991, Vernon 2001). Der NDI ist ein gängiges, ak-

zeptiertes Verfahren zur Beurteilung der alltäglichen Einschränkung, verursacht durch Beschwerden der Halswirbelsäule (Vavruch et al. 2002, Javid et al. 2001). Erfasst werden die Beeinträchtigung von zehn alltäglichen Bereichen durch den Schmerz der Halswirbelsäule (s. Aufl. 2 im Anhang). In jedem dieser Gebiete bestehen sechs Antwortmöglichkeiten, welche mit 0 Punkten für keine Einschränkung bis 5 Punkte für eine maximale Einschränkung bewertet werden. Insgesamt werden bei maximaler Einschränkung bzw. Behinderung 50 Punkte und bei keiner Einschränkung 0 Punkte erreicht. Anschließend wird das totale Ergebnis mittels folgender Formel in ein prozentuales Ergebnis umgewandelt:

$$\text{NDI (\%)} = \text{erzielte Punktzahl} / \text{maximale Punktzahl } 50 \times 100.$$

Eine Quantifizierung der Einschränkung im täglichen Leben ergibt sich aus folgender Tabelle:

Anzahl Prozent	Einschränkung im täglichen Leben
0 – 20	keine
21 – 40	minimale
41 – 60	mäßige
61 – 80	schwere
81 – 100	komplette Behinderung

Tab. 3: Prozentuale Darstellung der Einschränkung im täglichen Leben durch Schmerzen der Halswirbelsäule (NDI)

### III.VI. Komplikationen

Es fand eine Überprüfung intra- oder postoperativ aufgetretener Komplikationen während des gesamten Untersuchungszeitraums (s. Adnexe 1) statt.

Als intraoperative Komplikationen wurden Blutungen, Verletzungen des Rückenmarks oder Frakturen der Wirbelkörper definiert. Als postoperative Komplikationen wurden eine Dysphagie, ein Hämatom, eine Implantatwanderung, eine Infektion, neue transiente Symptome (z.B. Kribbelparästhesien, Hypästhesien, Schwäche der Muskulatur), eine Revisions- OP und eine ausbleibende Verknöcherung bei Fusionsoperationen gewertet.

Aufgetretene Komplikationen wurden über den ganzen Nachuntersuchungszeitraum beobachtet und ebenfalls quantifiziert:

- Komplikation weiterhin nachweisbar

- Komplikation nicht mehr spürbar
- keine Angabe einer Komplikation.

#### **IV. Radiologische Untersuchungen**

In der Studie wurden konventionelle Röntgenaufnahmen und MRT- Aufnahmen zur Kontrolle der Studienergebnisse der Untersuchungsintervalle genutzt (s. Adnexe 1). Praeoperativ erfolgte bei allen Patienten eine magnetresonanztomographische Bildgebung (MRT) der HWS zur Differenzierung der Beschwerdesymptomatik. Die postoperativen radiologischen Kontrollen erfolgten über das konventionelle Röntgen oder MRT- Untersuchungen.

##### **IV.I. Röntgenuntersuchungen**

Prae- und postoperativ wurden native Röntgenaufnahmen der HWS angefertigt. Es wurden postoperativ die korrekte Implantatlage bzw. die knöchernen Fusion beurteilt sowie der Cobb- Winkel bzw. segmentale Winkel bestimmt. Als Standardaufnahmen wurden der Strahlengang von a. p. und sagittal gewählt. Dabei wurde besonders bei den lateralen Aufnahmen auf eine adäquate Darstellung von C 1 - 7 geachtet.

Funktionsaufnahmen wurden bei dieser Studie nur bei einer Patientin angefertigt, da diese im Verlauf des Nachuntersuchungszeitraumes ein Trauma erlitten hatte und nach Ausschluss einer Fraktur eine übermäßige Beweglichkeit durch eine Instabilität ausgeschlossen werden sollte.

##### **IV.II. MRT**

Praeoperativ wurde bei allen Patienten eine Magnetresonanztomographie (MRT) zur Diagnostik von Einengungen des Spinalkanals (Nucleus pulposus- Prolaps, Spinalkanalstenose) oder degenerativen Veränderungen (Höhenminderungen der Bandscheibenhöhe) durchgeführt. Die postoperative Kontrolle mittels MRT wurde nur bei einem Teil der Patienten durchgeführt.

##### **IV.III. Radiologische Instabilitätsparamter der HWS**

Die radiologischen Veränderungen an der HWS (z. B. Osteophytenbildung, Verminderung der Bandscheibenhöhe) wurden zu jedem Untersuchungszeitpunkt (s. Adnexe 1) in den Akten dokumentiert.

Es erfolgte die Bestimmung des Lordosewinkels analog zum Winkel nach Cobb (1948) bzw. Katsuura et al. (2000) sowie des segmentalen Winkels auf den sagittalen Röntgenbildern. Dazu wird auf den Grund- und Deckplatten des operierten Segmentes jeweils eine Gerade angelegt. Auf jede dieser Geraden wird das Lot von 90° gefällt. Anschließend

wird im Kreuzungspunkt der beiden Geraden der Cobb- Winkel ausgemessen. Um die Lordose der gesamten Halswirbelsäule auszumessen, wird der Winkel der Grundplatte von C2 und der Deckplatte von C7 gemessen (Katsuura et al. 2000). Der Kreuzungspunkt der beiden Geraden ergibt den segmentalen Winkel des operierten Segmentes.

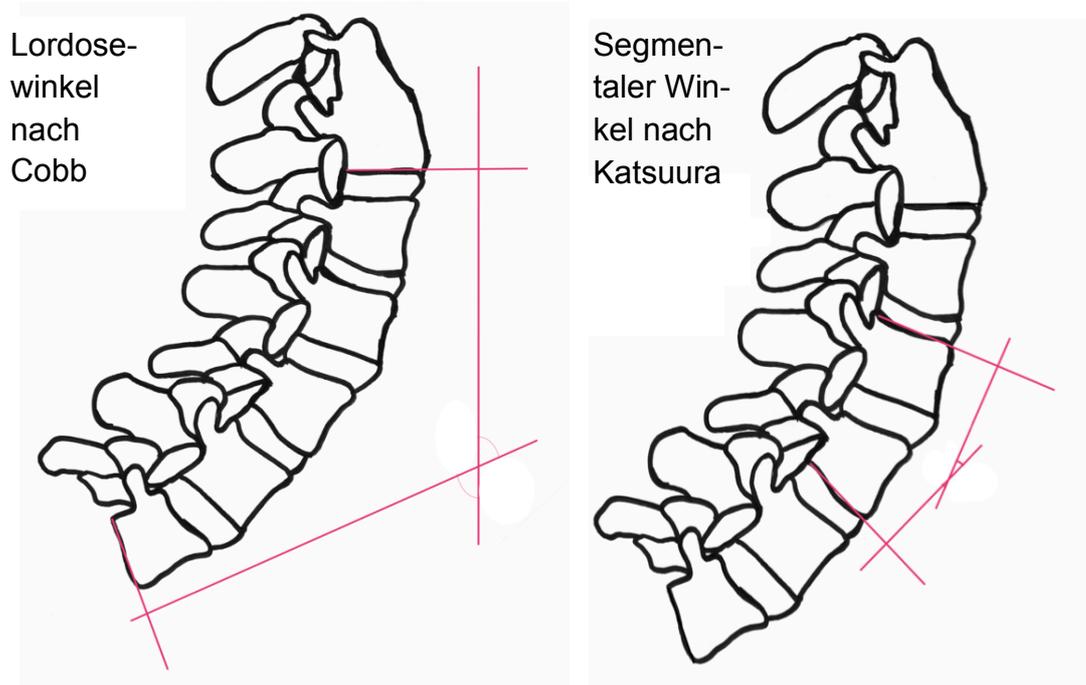


Abb. 3: Schematische Darstellung des Cobb- Winkels nach Shad et al., 2005

Auf Grund der hier aufgeführten Fusionskriterien und des Winkels analog zum Cobb- / Katsuura- Winkel ließen sich anhand der vorliegenden Röntgenbilder folgende eigene radiologische Kriterien zur Identifizierung einer Anschlussdegeneration herausarbeiten, welche mit den allgemein gültigen Kriterien der radiologischen Anschlussdegeneration übereinstimmt (Chen et al. 2013, Kraemer et al. 2013, Hilibrand et al.1999, Elsayaf et al. 2009, Levin et al. 2007).

Verfahren	Radiologische Zeichen
HWS a.p.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- segmentale Uncovertebralarthrose</li> <li>- Zeichen der Rotationsinstabilität (nicht in orthograder Stellung stehende Dornfortsätze)</li> </ul>
HWS seitlich	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Reduktion oder Verlust der segmentalen</li> </ul>

	<p>Lordose</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Segmentale Kyphose</li> <li>- Segmentale Bandscheibendegeneration</li> <li>- Segmentale Translation nach ventral oder dorsal</li> <li>- Segmentale ventrale oder dorsale Spondylophytenbildung</li> <li>- Segmentale Osteochondrose der Grund- und Deckplatten</li> </ul>
MRT HWS	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Reduktion oder Verlust der segmentalen Lordose</li> <li>- Segmentale Kyphose</li> <li>- Segmentale Bandscheibendegeneration</li> <li>- Segmentale Translation nach ventral oder dorsal</li> <li>- Segmentale ventrale oder dorsale Spondylophytenbildung</li> <li>- Segmentale Osteochondrose der Grund- und Deckplatten</li> <li>- Modic Veränderungen</li> <li>- Black Disc Phänomen</li> <li>- Bandscheibenvorfall</li> </ul>

Tab. 4: Radiologische Kriterien zur Beurteilung einer degenerativen Veränderung an der Halswirbelsäule

## VI. Sozialmedizinische Daten

### VI.I. Alter

Es wurde das Alter des Patientenkollektivs bestimmt und in Gruppen zur statistischen Auswertung eingeteilt (20 - 29,99 Jahre; 30 - 39,99 Jahre etc.). Es folgte die Überprüfung

der Fragestellung, ob ein höherer Degenerationsgrad beim älteren Patienten die ossäre Fusion, das Auftreten von Anschlussdegenerationen und damit die Rate potentieller Reoperationen beeinflusst.

#### **VI.II. Tabakkonsum**

Die Patienten wurden praeoperativ und im Verlauf der Nachuntersuchungen (s. Adnexe 1) zu einem bestehenden, neu begonnenen oder beendeten Nikotinkonsum befragt und die Ergebnisse der Befragung in den Akten dokumentiert.

#### **VI.III. Operateur und Versicherungsstatus**

Es erfolgte die Sichtung der OP- Berichte zur Feststellung des Operateurs mit der Unterscheidung zwischen Chef-, Ober- oder Assistenzarzt in Zusammenschau mit dem Versicherungsstatus und anschließender Dokumentation.

#### **VII. Statistik**

Die deskriptive und die analytische statistische Auswertung der Datensätze erfolgte mit SPSS für Windows, Version 19.0 (SPSS Deutschland GmbH, München, Deutschland). Die Auswertung wurde über Kreuztabellen, deskriptive Statistiken und Chi- Quadrat-Tests durchgeführt. Gleichzeitig wurden bestehende Korrelationen über Bonferroni-Mehrfachvergleiche, ANOVA- Statistiken und die Berechnung linearer Regressionen bestimmt. Zur graphischen Darstellung der Ergebnisse wurden Diagramme, tabellarische Auflistungen und Box- Plots gewählt.

Die statistische Auswertung wurde durch den untersuchungsunabhängigen Statistiker Dr. Friedrich Pahlke (Bahnhofstr. 20, 23611 Bad Schwartau) durchgeführt.

### **3) Ergebnisse**

#### **I. Patientenkollektiv**

##### **I.I. Patientenkollektiv**

112 Patienten wurden für die retrospektive Studie auf Grund der vorher definierten Kriterien (s. Tab. 1, Kapitel Methodik) ausgewählt.

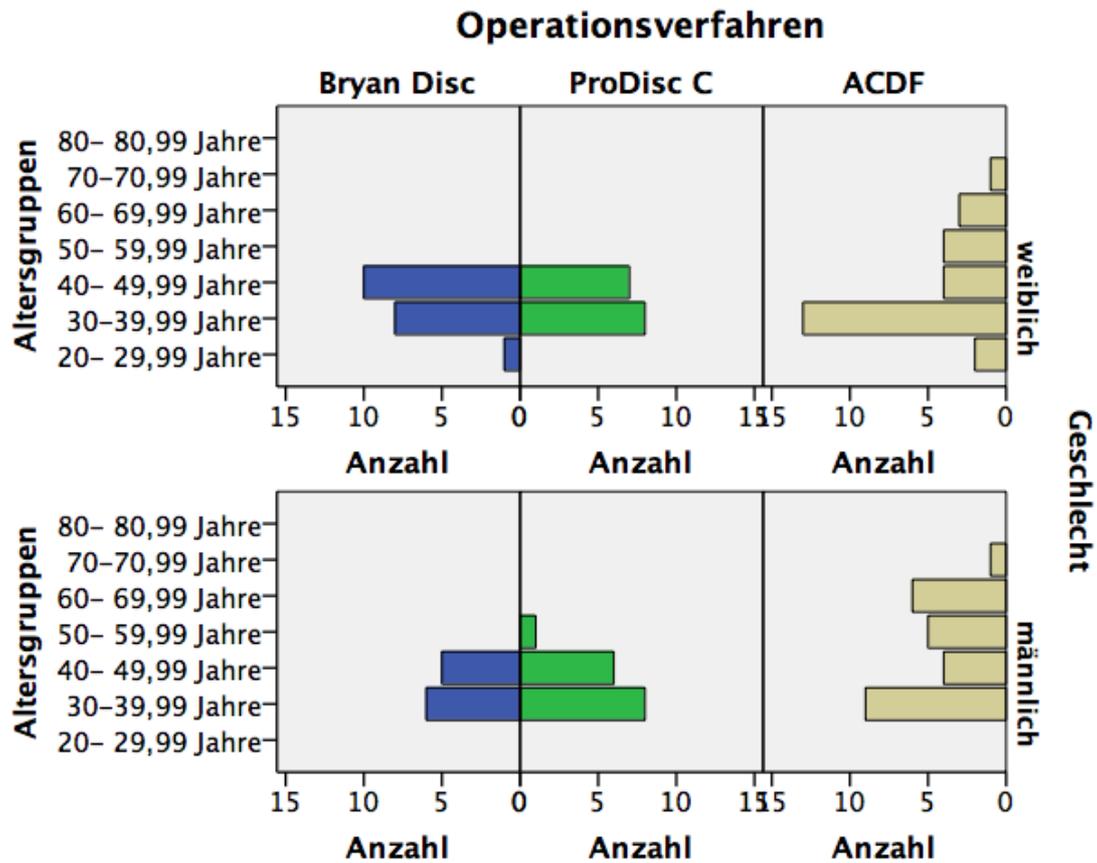
Die Endoprothesengruppen (Bryan Disc, ProDisc C) bestanden aus insgesamt 60 Patienten und die Fusionsgruppe aus 52 Patienten. Dies entspricht einer Verteilung von 26,8% Patienten mit Bryan Disc, 26,8% mit ProDisc C und 46,4% mit ACDF. Mit 61 weiblichen (54,5%) und 51 männlichen Patienten (45,5%) bestand eine nahezu gleichmäßige Verteilung ohne signifikante Unterschiede innerhalb der Gruppen (p- Wert = 0,56).

In der Bryan Disc Gruppe zeigte sich eine Verteilung von 63,3% weiblichen Patientinnen ( $n_{\text{total}} = 19$ ) und 36,7% männlichen Probanden ( $n_{\text{total}} = 11$ ). Je 15 weiblichen und 15 männlichen Studienteilnehmern (je 50%) wurde eine ProDisc C implantiert. Eine Fusion der Halswirbelsäule wurde bei 51,9% der weiblichen Probandinnen ( $n_{\text{total}} = 27$ ) und 48,1% der männliche Probanden ( $n_{\text{total}} = 25$ ) durchgeführt.

##### **I.II. Alter des Patientenkollektivs**

Das mittlere Alter in der gesamten Studie betrug zum Zeitpunkt der Operation 40,2 Jahre. Der jüngste Patient war 29,0 und der Älteste 77,6 Jahre alt (s. Graphik 1).

In der Prothesengruppe lag der Altersmedian zum Zeitpunkt der Operation bei 40,5 Jahren (31,3- 59,1 Jahre), in der Bryan- Disc- Gruppe bei 39,4 Jahren (31,3 - 48,6 Jahre) und der ProDisc C- Gruppe bei 45,0 Jahren (32,2 - 59,1 Jahre). Der Altersmedian der fusionierten Patienten ordnete sich bei 47,5 Jahren (29,0 - 77,6 Jahre) ein.



Graphik 1: Geschlechtsabhängige Darstellung der Altersgruppen in Abhängigkeit des Behandlungsverfahrens

### I.III. Intervall VI des Patientenkollektivs

Die Auswertung der Patientendaten erfolgte nach mind. fünf Jahren und wurde in insgesamt sechs Intervalle eingeteilt (s. Adnexe 1). Es erfolgte die Bestimmung des Nachuntersuchungsintervalls VI.

Gruppen- und geschlechtsspezifisch zeigte sich folgende Verteilung (s. Tab. 5):

	Bryan Disc		ProDisc C		ACDF	
	weiblich	männlich	weiblich	männlich	weiblich	männlich
Mittlere Dauer des Nachuntersuchungsintervalls	7,6	7,8	6,2	6,2	9	8,4
Minimale Dauer	7,2	7,4	5,9	5,9	6,7	5,9

Maximale Dauer	8,2	8,1	6,1	6,9	11,5	11,3
----------------	-----	-----	-----	-----	------	------

Tab 5: Gruppen- und geschlechtsspezifische Darstellung der Dauer des Nachuntersuchungsintervalls VI

Die Patientinnen der Studie wiesen ein durchschnittliches Nachuntersuchungsintervall von 7,9 Jahren (5,9 - 11,5 Jahre, Median: 7,6 Jahre) und die Patienten ein mittleres Nachuntersuchungsintervall von 7,4 Jahren (5,2 - 11,3 Jahre, Median: 7,0 Jahre).

In der Bryan Disc Gruppe lag das mittlere Nachuntersuchungsintervall bei 7,7 Jahren (7,1-8,2 Jahre, Median 7,7 Jahre). Die ProDisc C- Gruppe zeigte ein mittleres Nachuntersuchungsintervall von 6,2 Jahren (5,2 - 7,3 Jahre, Median 6,2 Jahre). Die ACDF- Gruppe zeigte ein durchschnittliches Intervall von 8,8 Jahren (5,9 - 11,5 Jahre, Median 8,8 Jahre).

#### I.IV. Nikotinabusus des Patientenkollektivs

Von 112 Patienten gaben praeoperativ 30 Patienten (acht weiblich, 22 männlich) einen kontinuierlichen und kein Patient einen temporären Nikotinabusus während des Zeitpunkts des Operation an (s. Adnexe 1). 13 Patienten (3 weiblich, zehn männlich) beenden direkt nach der Operation ihren Nikotinabusus (anamnestische Angabe in Intervall III).

Es zeigte sich dabei folgende Verteilung (s. Tab 6):

	Bryan Disc		ProDisc		ACDF	
	Nikotinabusus	Kein Nikotinabusus	Nikotinabusus	Kein Nikotinabusus	Nikotinabusus	Kein Nikotinabusus
Weibliche Patienten Intervall I	3	16	2	13	4	23
Männlich Patienten Intervall I	5	6	9	6	7	18
n <sub>gesamt</sub>	8	22	11	19	11	41
Weibliche Patienten Intervall VI	2	11	2	8	2	14
Männlich Patienten Intervall VI	2	4	6	5	3	8
n <sub>gesamt</sub>	4	15	8	13	5	22

Tab. 6: Darstellung des Nikotinkonsums in Abhängigkeit des Behandlungsverfahrens und des Geschlechts in Intervall I und VI

Der Nikotinkonsum lag dabei durchschnittlich bei 10 Zigaretten/Tag (5 - 25 Zigaretten/Tag). Es zeigte sich eine schwache, jedoch signifikante Korrelation zwischen dem Nikotinabusus und dem Geschlecht (Korrelationskoeffizient= 0,297;  $p= 0,002$ ), welche altersunabhängig ist.

#### **I.V. Operateur des Patientenkollektivs in Abhängigkeit der Versicherung**

Bei den Operateuren wurde zwischen Chefarzt und Oberärzten bzw. Assistenzärzten unterschieden.

Zehn weibliche Patienten (eine privat, fünf gesetzlich, vier Selbstzahler) und sechs männliche gesetzlich versicherte Probanden mit implantierter Bryan Disc wurden vom Chefarzt behandelt. Die Ober- bzw. Assistenzärzte operierten vierzehn Patienten.

Es wurden acht weibliche, gesetzlich versicherte Patienten, zwei männliche privat versicherte und ein männlicher Selbstzahler mit ProDisc C durch den Chefarzt behandelt. Bei 22 Probanden wurde die Operation durch die Ober- und Assistenzärzte durchgeführt. Zehn weibliche (neun gesetzlich, ein Selbstzahler) und sechs männliche Patienten mit ACDF wurden durch den Chefarzt operiert. Siebzehn weibliche und neunzehn männliche Probanden mit ACDF wurden durch die Ober- und Assistenzärzte behandelt.

## **II. Praeoperative Symptomatik**

### **II.I. Beschwerdesymptomatik**

Es folgte die praeoperative Bestimmung des Schmerzes und des neurologischen Status der Patienten über eine Anamnese und eine neurologische Untersuchung.

#### Beschwerdesymptomatik

Praeoperativ berichteten 109 Patienten (60 weiblich, 49 männlich) von einer Schmerzsymptomatik, zwei männliche Patienten (ProDisc) und eine Patientin (ACDF) mit einer neurologischen Symptomatik beschrieben keine Schmerzen.

In der Bryan Disc- Gruppe schilderten 19 weibliche und 14 männliche Patienten praeoperative Schmerzen. In der ProDisc- Gruppe gaben 15 weibliche und zehn männliche Patienten eine Schmerzsymptomatik an. In der ACDF- Gruppe bestanden bei 26 weibliche und 25 männliche Patienten praeoperative Schmerzen.

Es zeigte sich dabei folgende Lokalisation der Schmerzen (Abb. 4):

### **RECHTS:**

Cervikobrachialgien: 0,9%

Nuchalgien: 5,3%

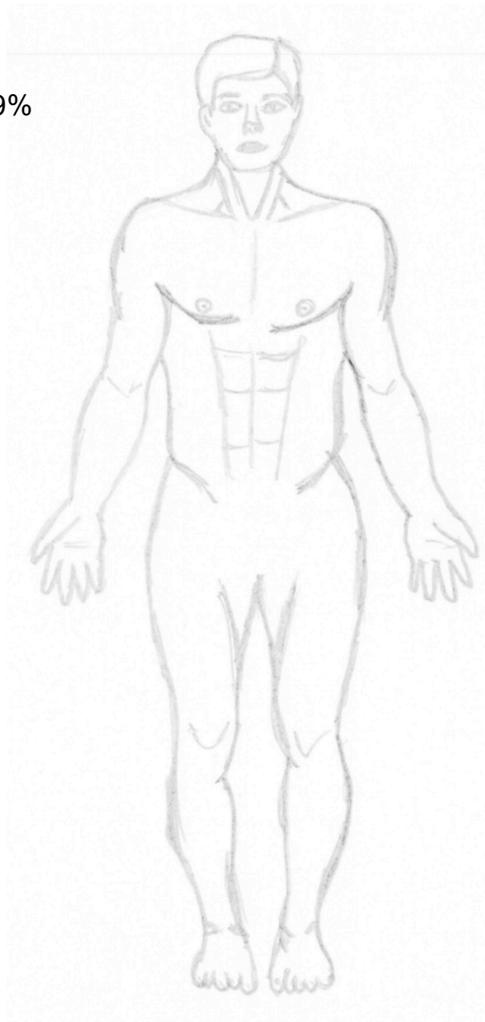
Schulter: 7,7%

Oberarm: 12,1%

Unterarm: 11,1%

Digitus I: 3,4%

Digitus II – V: 4,3%



### **LINKS:**

Cervikobrachialgien: 0,9%

Nuchalgien: 7,7%

Schulter: 13,5%

Oberarm: 14,9%

Unterarm: 11,6%

Digitus I: 3,4 %

Digitus II – V: 2,9%

Abb. 4: Prozentuale Darstellung der Lokalisation der praeoperativen Schmerzen

Als häufigste Lokalisation der Schmerzen wurde der Oberarm angegeben (27%), gefolgt von Schmerzen im Unterarm (22,7%) und ausstrahlenden Schmerzen in der Schulter (21,2%). Die Schmerzqualität wurde als brennend, reißend oder drückend beschrieben.

### **Motorik**

Bei 69 von 112 Patienten wurde praeoperativ eine Parese der Kennmuskulatur nachgewiesen (34 Patienten Bandscheibenendoprothese, 35 Patienten ACDF).

Es bestand bei zwölf weiblichen und acht männlichen Patienten der Bryan Disc- Gruppe eine Schwäche der Muskulatur, die anderen Patienten wiesen keine Lähmungserscheinungen auf. Sieben weibliche und sieben männliche Probanden der ProDisc C- Gruppe zeigten eine praeoperative Schwäche der Muskulatur, bei den anderen Studienteilnehmern konnte kein Kraftverlust nachgewiesen werden. In der ACDF- Gruppe zeigten praeoperativ 35 Patienten eine Schwäche der Muskulatur (17 weiblich, 18 männlich). Bei 17 Patienten (10 weiblich, sieben männlich) bestanden keine motorischen Ausfälle. Insgesamt ergab sich bei den motorischen Ausfällen folgende Verteilung (Tabelle 7):

Lokalisation	Rechts, n= (%)	Links, n= (%)	n <sub>gesamt</sub> (%)
M. biceps brachii	12 (10,3)	18 (15,5)	30 (25,8)
M. triceps brachii	25 (21,6)	28 (24,1)	53 (45,7)
M. flexor manum	1 (0,9)	1 (0,7)	2 (1,7)
M. interossei manum	6 (5,4)	5 (4,3)	11 (9,7)
M. extensor manum	5 (4,3)	1 (0,9)	6 (5,2)
M. extensor digitorum	8 (6,9)	5 (4,3)	13 (11,2)
M. flexor digitorum	0 (0)	1 (0,7)	1 (0,7)
n <sub>total</sub> (= %)	57 (49,5)	59 (50,5)	116 (100)

Tab. 7: Prozentuale Darstellung der praeoperativ nachgewiesenen Paresen

Am häufigsten waren die muskulären Schwächen im Bereich des M. triceps brachii links lokalisiert (24,1%), gefolgt vom M. triceps brachii rechts (21,6%).

Analog zur Feststellung der Lokalisation erfolgte eine Quantifizierung der Schwäche durch die ASIA- Einteilung. Am häufigsten trat die Schwäche des ASIA- Grades 4/5 gefolgt von ASIA- Grad 3/5 auf. Eine komplette Paralyse (ASIA- Grad 0/5) konnte bei keinem Patienten festgestellt werden.

#### Sensibilität

Bei 90 Patienten (50% weiblich, 50% männlich) wurde eine gestörte Sensibilität (Kribbelparästhesie, Dysästhesie, Hypästhesie) nachgewiesen werden. Bei 23 Patientinnen der Prothesen- Gruppe (vierzehn Bryan Disc, neun ProDisc C) sowie 22 Patientinnen mit nachfolgender Fusion wurde eine praeoperative Sensibilitätsstörung nachgewiesen. 24 Probanden der Prothesen- Gruppe (zehn Bryan Disc, vierzehn ProDisc) und 21 Patienten der ACDF- Gruppe wiesen eine praeoperative Sensibilitätsstörung auf.

Es zeigte sich folgende Verteilung der sensiblen Ausfälle (Abb. 5):

**RECHTS:**

Dermatom C5: 0%

Dermatom C6: 6,7%

Dermatom C7: 5,4%

Dermatom C8: 3,4%

Oberarm: 4,0%

Unterarm: 4,7%

Digitus I: 4,7%

Digitus II – IV: 16,1%**LINKS:**

Dermatom C5: 1,3%

Dermatom C6: 7,4%

Dermatom C7: 8,7%

Dermatom C8: 2,0%

Oberarm: 7,4%

Unterarm: 8,7%

Digitus I: 3,4%

Digitus II – IV: 8,7%

Abb. 5: Prozentuale Darstellung der Lokalisation der praeoperativen Sensibilitätsdefizite

Die Parästhesie war am häufigsten in den Digiti II- V der rechten Hand (total 16,1%) lokalisiert und in den Digiti II- V der linken Hand sowie dem Dermatom C 7 links (je total 8,7%). Zur Quantifizierung des Ausfalls wurde am häufigsten der ASIA- Grad I, gestörte sensible Wahrnehmung, angegeben. Eine Anästhesie (ASIA Grad 0) wurde von keinem Patienten angegeben.

**III. Operation****III.I. Anzahl der Segmente**

Es wurden insgesamt 151 Segmente bei 112 Patienten operiert. Die Verteilung der Operationssegmente zeigt sich in folgender Tabelle (Tab. 8):

Segmenthöhe	Bryan Disc n (%)	ProDisc C n (%)	ACDF n (%)	n Personen total (%)
C 3/4	1 (3,1)	0 (0)	0 (0)	1 (0,7)

C 4/5	0 (0)	2 (5,3)	2 (2,5)	4 (2,7)
C 5/6	11 (34,4)	13 (34,2)	10 (12,4)	34 (22,5)
C 6/7	14 (43,8)	7 (18,4)	11 (13,6)	32 (21,2)
C 3 – 5	0 (0)	0 (0)	3 (7,4)	3 (1,3)
C 4 – 6	1 (6,2)	3 (15,8)	12 (29,6)	16 (10,6)
C 5 – 7	2 (12,5)	5 (26,3)	12 (29,6)	19 (12,6)
C 6 – Th 1	0 (0)	0 (0)	2 (4,9)	2 (1,3)
n Segmente gesamt	32 (21,2)	38 (25,2)	81 (53,6)	151

Tab. 8: Auflistung der operierten Segmente in absoluter und relativer Häufigkeit

Die Operationen wurden am häufigsten in den Segment C5/6 (22,5%) und C6/7 (21,2%) durchgeführt.

Es zeigte sich eine schwache, jedoch signifikante Korrelation bezüglich des Behandlungsverfahrens und der Operationshöhe (Korrelationskoeffizient= 0,3;  $p= 0,002$ ).

### III.II. Operationshöhe in Bezug auf Patientenalter

Praeoperativ wurde das Alter des Patienten sowie die Operationshöhe dokumentiert. Um eine Vergleichbarkeit des Alters zu gewährleisten, wurden die Patienten in verschiedene Altersgruppen (20 - 29 Jahre, 30 - 39 Jahre etc.) eingeteilt (s. Abb. 6 im Anhang).

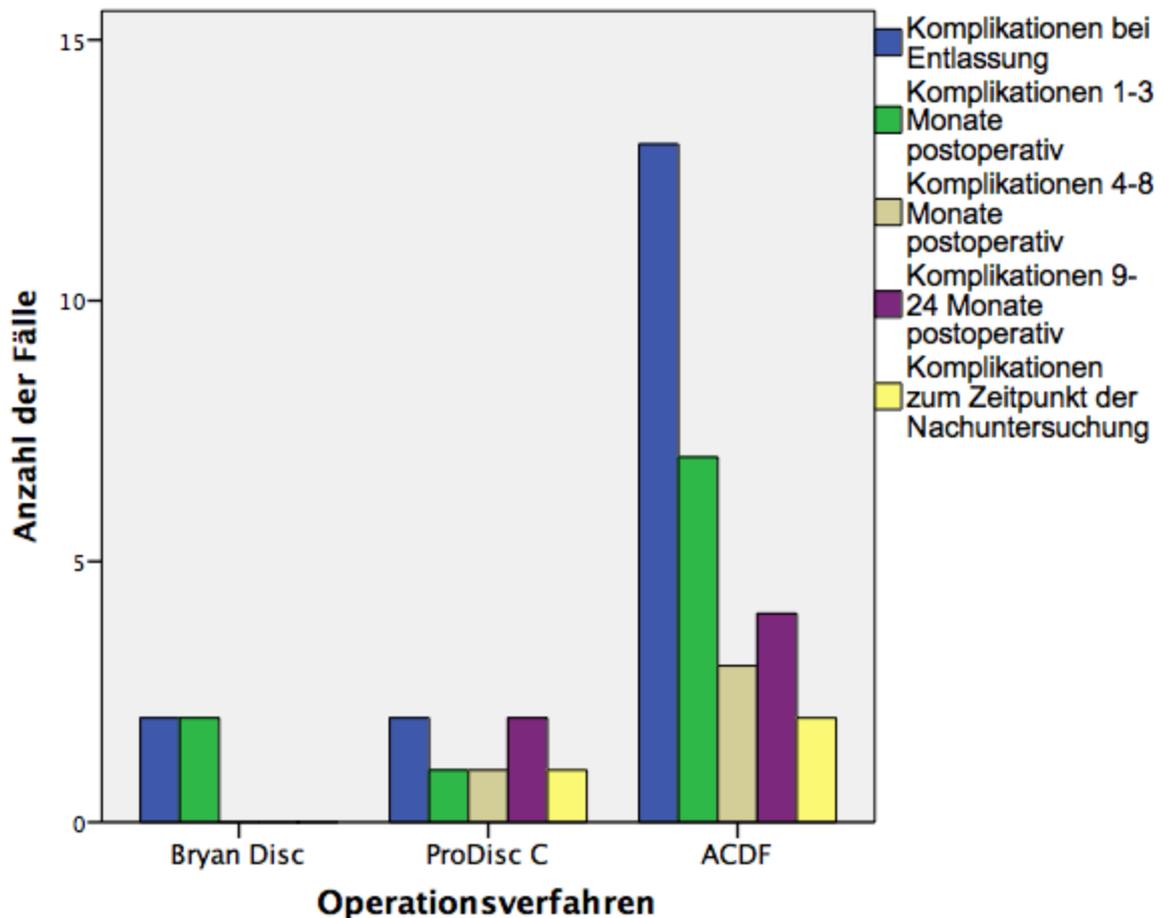
In der Altersgruppe der 30 - 39 - jährigen Patienten wurden 52 Operationen durchgeführt wurden, in der Gruppe der 40 - 49 - jährigen Patienten 36 Operationen. Die Patienten dieser Altersgruppen wurden am häufigsten in den Höhen C 6/7 bzw. C 5/6 operiert (s. Tab. 5 im Anhang).

Es zeigte sich eine schwache, jedoch signifikante Korrelation der Operationshöhe in Bezug auf das Patientenalter (Korrelationskoeffizient= 0,2;  $p= 0,005$ ).

### III.III. Anzahl der Komplikationen

Es wurden zu den Untersuchungsintervallen (s. Adnexe 1) das Auftreten von neuen Komplikationen oder die Persistenz der bestehenden Komplikationen anamnestisch erhoben und klinisch untersucht.

Hierbei bestand folgendes Verteilungsmuster (Graphik 2):



Graphik 2: Zeit – und behandlungsabhängiges Auftreten der Komplikationen

Es wurde keine intraoperative Komplikation in der Operationsprotokollen (z.B. Blutungen, Verletzungen des Rückenmarks, Fraktur der Wirbelkörper) beschrieben.

Postoperativ hatten 19 von 112 Patienten (16,9%) zum Zeitpunkt der Entlassung eine operationsabhängige neue Beschwerdesymptomatik entwickelt (Intervall II). Zwei Patienten (eine weiblich, ein männlich) der Bryan Disc- Gruppe, eine Patientin der ProDisc C- Gruppe und neun Patienten der Fusions- Gruppe (sechs weiblich, drei männlich) beklagten eine neu aufgetretene Dysphagie. Eine Patientin der ProDisc- Gruppe sowie eine Patientin der ACDF- Gruppe berichteten über neue transiente Symptome (Hypästhesie bzw. Kribbelparästhesien). Bei einem Patienten der ACDF- Gruppe war es postoperativ zu einer Heiserkeit gekommen. Drei Patienten der ACDF- Gruppe (zwei weiblich, ein männlich) wiesen ein Horner- Syndrom auf.

In Intervall III berichteten zehn Patienten (9,7%) über persistierende postoperative Beschwerden. Zwei Patienten der Bryan- Gruppe und fünf Patienten der ACDF- Gruppe (drei weiblich, zwei männlich) zeigten eine bestehende Dysphagie. Die neu aufgetretenen Symptome der zwei Patientinnen mit ProDisc bzw. ACDF bestanden fortwährend. Ein Patient der ACDF- Gruppe beklagte eine weiterhin bestehende Heiserkeit.

In Intervall IV gaben vier Patienten (6,6%) eine postoperative Symptomatik an (drei Patientinnen (ACDF) persistierende Dysphagie, eine Patientin (ProDisc) neue neurologische Symptomatik (Kribbelparästhesie)).

In Intervall V zeigten fünf Patienten (8,6%) neu aufgetretene oder persistierende postoperative Symptome (drei Patientinnen mit ACDF: Dysphagie, eine Patientin mit ProDisc: neurologische Symptomatik (Hypästhesie)). Ein Patient mit implantierter ACDF berichtete über eine neu aufgetretene Heiserkeit.

In Intervall VI berichteten insgesamt drei Patienten (4,5%) über neue Symptome oder bekannte postoperative Komplikationen. Ein männlicher Patient beschrieb eine neu aufgetretene neurologische Symptomatik, die mit einem erneuten Bandscheibenprolaps erklärt werden konnte (Schwäche der Muskulatur). Eine Patientin mit ACDF beklagte eine neu aufgetretene Heiserkeit sowie eine weitere Patientin mit ACDF eine bekannte Dysphagie.

### **III.IV. Anzahl der Revisionsoperationen**

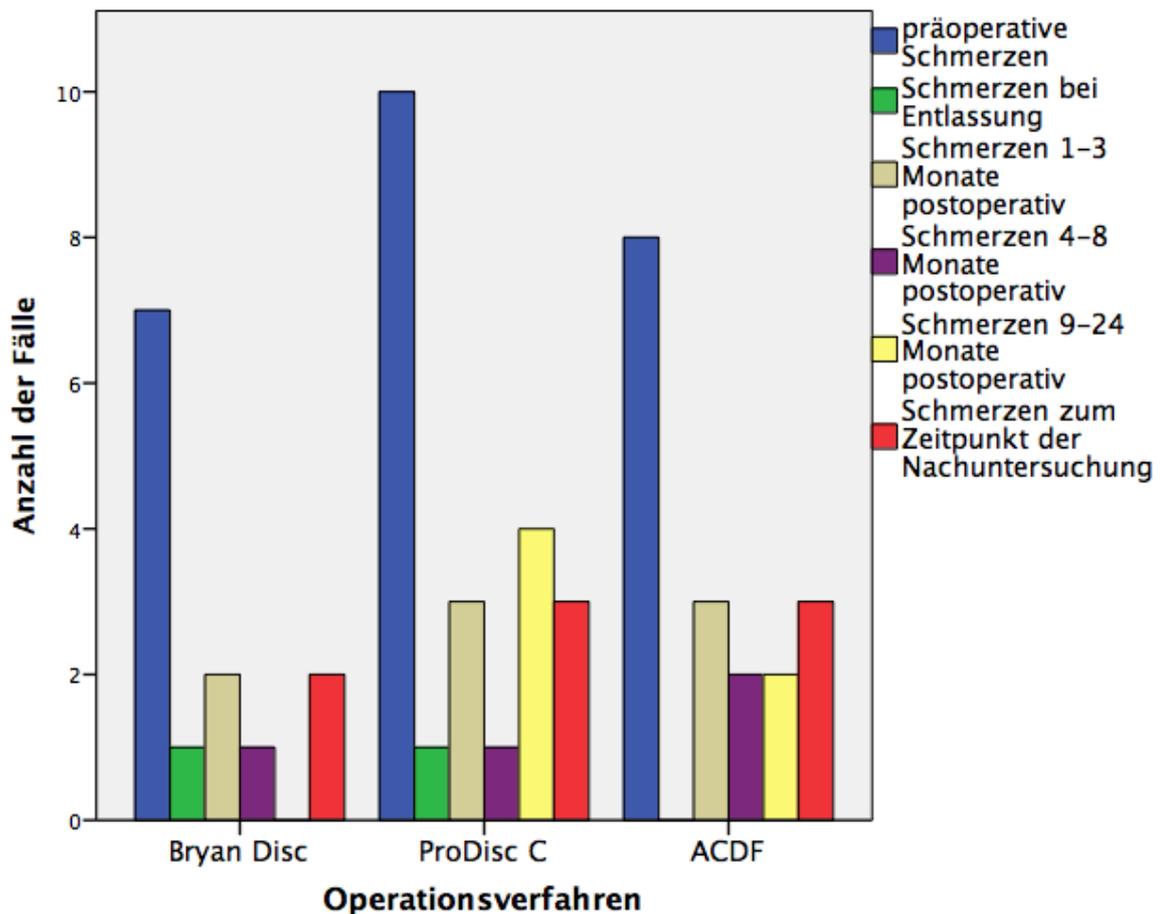
Es wurden insgesamt 6 Revisionseingriffe bei 112 operierten Patienten durchgeführt. In der Gruppe mit implantierter Bryan Disc oder ProDisc C wurde kein erneuter Eingriff protokolliert. In der ACDF- Gruppe fanden insgesamt sechs Eingriffe auf Grund einer Dysphagie bei vier weiblichen und zwei männlichen Probanden statt (Materialentfernung der einliegenden Platte). Im Anschluss an den Revisionseingriff wurde im weiteren Verlauf von allen Patienten ein absoluter Rückgang der Beschwerdesymptomatik beschrieben.

In der ACDF- Gruppe wurden signifikant mehr Revisionseingriffe durchgeführt als bei den implantierten Prothesen. Es zeigt sich eine signifikante Korrelation zwischen Behandlungsverfahren und dem Auftreten von Revisionseingriffen (Korrelationskoeffizient= 0,256;  $p= 0,007$ ).

## **IV. Postoperative Symptomatik**

### **IV.I. Schmerzsymptomatik**

Während der Nachuntersuchungsintervalle wurde der Schmerzstatus der Patienten evaluiert (s. Adnexe 1). Die Patienten schilderten einen subjektiven Rückgang der Schmerzen (s. Graphik 3):



Graphik 3: Darstellung der Schmerzen in Abhängigkeit der Behandlungsverfahren im zeitlichen Verlauf

Bei der Entlassung waren 100 der 112 operierten Patienten schmerzfrei, zwölf Patienten gaben weiterhin Schmerzen an. Vier weibliche und ein männlicher Patient mit implantierter Bryan Disc sowie eine weibliche und drei männliche Patienten mit ProDisc beschrieben persistierende Schmerzen trotz einer anhaltenden Schmerzmedikation. In der ACDF-Gruppe berichteten zwei weibliche und ein männlicher Patient über weiterhin bestehende, jedoch reduzierte Schmerzen. Die Beschwerden waren bei mit 21,4% am häufigsten in der rechten Schulter lokalisiert, gefolgt von je 14,3% im Nacken, in der linken Schulter, dem linken und rechten Oberarm sowie dem linken Unterarm. Im Vergleich zum präoperativen Beschwerdebild berichteten die Patienten über einen Rückgang ihrer Beschwerden, acht Patienten gaben ein Schmerzprofil idem zum präoperativen Befund an (s. Tab. 6 im Anhang).

In Intervall III berichteten 23 Patienten (22,1%; 17 weiblich, sechs männlich) der 104 erschienen Patienten über Schmerzen. Acht weibliche und vier männliche Patienten mit Bryan Disc, vier Patientinnen mit ProDisc C sowie fünf weibliche und sieben männliche Patienten mit ACDF beschrieben eine Schmerzsymptomatik. Am häufigsten war die Beschwerdesymptomatik im linken Nacken und in der linken Schulter angegeben.

Neun Patienten (sieben weiblich, zwei männlich) gaben eine Steigerung ihrer Beschwerden im Vergleich zu der Voruntersuchung an, bei weiteren fünfzehn Patienten wurde eine Reduktion der Beschwerden anamnestisch erhoben.

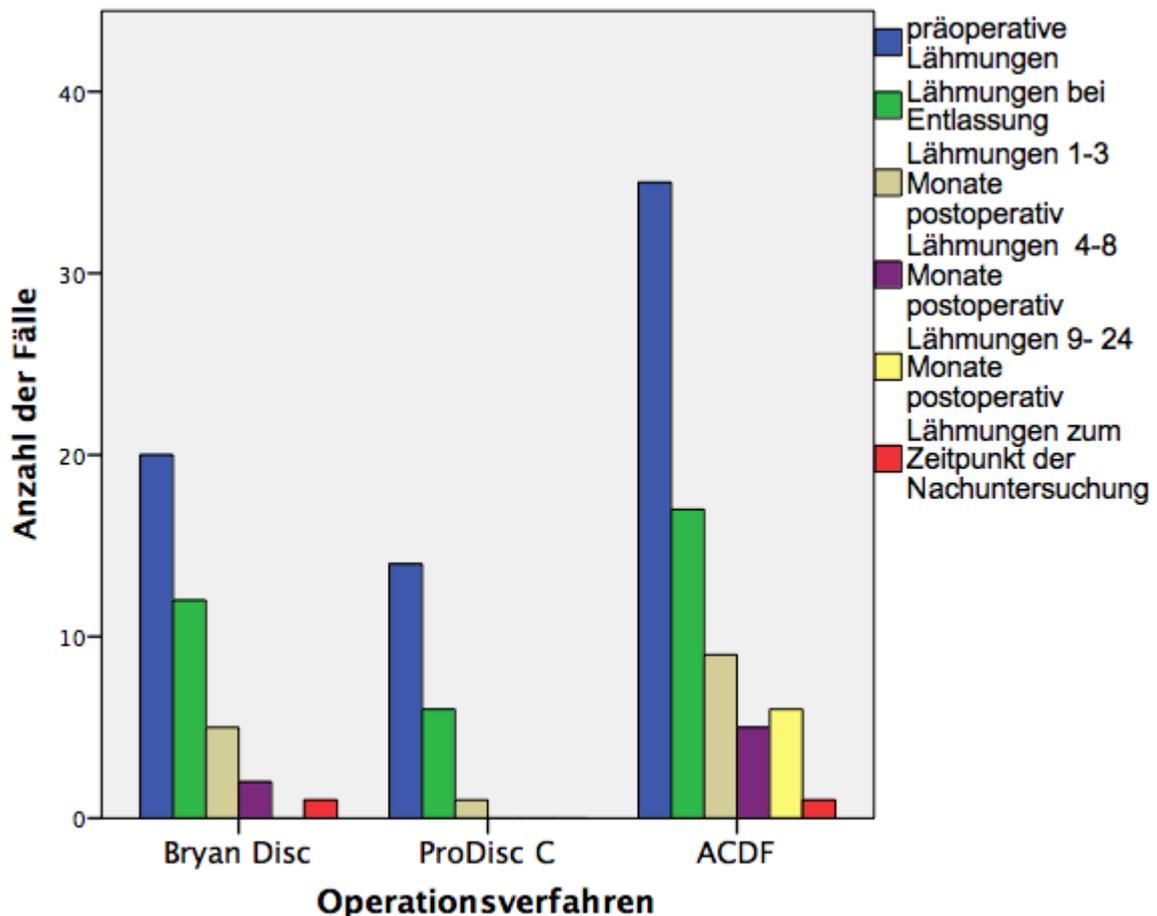
Während Intervall IV gaben elf Patienten (17,4%; fünf weiblich, sechs männlich) der untersuchten 63 Patienten Schmerzen an. In der Bryan Disc Gruppe reduzierte sich die Anzahl der Patienten mit Schmerzen auf fünf Patienten (drei weiblich, zwei männlich), in der ProDisc Gruppe auf zwei Patienten (eine weibliche, ein männlicher) und in der ACDF-Gruppe auf vier Patienten (drei weibliche, ein männlicher). Die Schmerzen waren am häufigsten mit einem Anteil von 17,6% in der linken Schulter lokalisiert. Zwei Patienten (ACDF, ProDisc) beschrieben eine Schmerzsteigerung gegenüber der Voruntersuchung, bei den anderen neun Patienten wurde eine erneute Reduktion der Beschwerdesymptomatik beobachtet,

In Intervall V gaben 12 Patienten Schmerzen (20,3%; vier weiblich, acht männlich) der 59 nachuntersuchten Patienten Schmerzen an. Drei weibliche und vier männliche Patienten mit implantierter ProDisc gaben reduzierte Schmerzen an. Eine Patientin und zwei männlichen Patienten beschrieben einen gesteigerten Schmerz. Zwei Patienten mit ACDF berichteten über eine Schmerzreduktion im Verlauf. Mit jeweils einem Anteil von 13,6% waren die Schmerzen am häufigsten im Nacken in die Schulter ausstrahlend links sowie im rechten Ober- und Unterarm lokalisiert.

Bei der letzten Nachuntersuchung (Intervall VI) gaben 24 von 67 (35,8%) Patienten Schmerzen an. Sieben Patientinnen mit Bryan Disc sowie zwei Patientinnen und vier Patienten mit ProDisc beschrieben eine verstärkten Schmerz. Fünf Patientinnen und drei Patienten der ACDF- Gruppe gaben ebenfalls einen gesteigerten Schmerz an, bei zwei Patienten (weiblich: n = 1, männlich: n = 1) wurde eine Schmerzreduktion beobachtet. Mit einem Anteil von 19,5% waren die Schmerzen am häufigsten in der linken Schulter lokalisiert und mit einem Anteil von 12,2% in die Digiti der rechten Hand.

#### **IV.II. Motorik**

Es fand eine Überprüfung der Motorik durch eine klinische Untersuchung zu jedem Nachuntersuchungsintervall statt (s. Adnexe 1). Postoperativ wurde ein Rückgang der Patienten mit einer Schwäche der Muskulatur oder der Lähmung einer Extremität/Muskelgruppe beobachtet (s. Graphik 4).



Graphik 4: Darstellung der Störungen der Motorik in Abhängigkeit der Behandlungsverfahren im zeitlichen Verlauf

Bei Entlassung (Intervall II) berichteten 35 Patienten (31,3%) über eine persistierende Schwäche einer Extremität bzw. Muskelgruppe. Betroffen waren 12 Patienten mit Bryan Disc (sieben weiblich, fünf männlich), sechs Patienten mit ProDisc (drei weiblich, drei männlich) und 17 Patienten (acht weiblich, neun männlich) mit ACDF. Bei drei Patienten (zwei weiblich, ein männlich) konnte eine Steigerung der bestehenden Schwäche der Muskulatur detektiert werden, bei den anderen 32 Patientin konnte eine Reduktion der Beschwerdesymptomatik beobachtet werden.

Am häufigsten betroffen war der linke M. triceps brachii mit einem ASIA- Grad von 4/5 (33,3%) sowie der M. biceps brachii links (25,7%). Der rechte M. triceps brachii war mit einem ASIA- Grad von 4/5 in 22,6% geschwächt.

In Intervall III zeigten 15 Patienten (14,6%) eine Schwäche der Muskulatur. Dabei waren zwei weibliche und männliche Probanden mit Bryan Disc, ein Patient mit ProDisc sowie vier weibliche und fünf männliche Patienten der ACDF- Gruppe betroffen. Hier zeigte sich eine zunehmende Schwächung der Muskulatur bei zwei Patienten der ACDF- Gruppe sowie ein Rückgang der den anderen dreizehn Patienten. Ein Patient berichtete über das

Gefühl einer Steigerung seines Kraftverlustes, dieser konnte objektiv nicht nachgewiesen werden. Sieben Patienten berichteten über eine Reduktion ihrer Schwäche und sieben Patienten über keine Veränderung ihrer Muskelkraft.

Insgesamt war der M. triceps brachii rechts in 35% der Fälle geschwächt, gefolgt vom M. triceps brachii links mit 20%. Der M. biceps brachii rechts wurde bei 15% und links bei 10% als geschwächt empfunden. Die Schwäche der untersuchten Muskeln lag bei einem ASIA- Grad 4/5.

Während des Intervalls IV wiesen sieben Patienten (12,5%) eine Schwäche der Kennmuskeln auf. Fünf Probanden (zwei weiblich, drei männlich) mit ACDF sowie zwei Patienten mit Bryan Disc beklagten eine persistierende Schwäche der Muskulatur. Insgesamt wurde ein Rückgang der Lähmungserscheinung beschrieben. Der M. triceps brachii rechts war bei 27,3% und der M. biceps brachii links bei 27,3% der Patienten in der Kraft reduziert. Der M. triceps brachii links wurde von 18,2% der Patienten als geschwächt empfunden. Der ASIA- Grad der Lähmungen lag bei 4/5.

Im Untersuchungsintervall V zeigten sechs Patienten (10,2%) eine persistierende oder neu aufgetretene Schwäche. Eine Patientin und fünf Patienten der ACDF- Gruppe gaben eine Schwächung der Muskulatur an. Zwei Patienten gaben eine gesteigerte und neu aufgetretene Schwäche ihrer Muskulatur an, bei den weiteren vier Patienten war der Status idem zur Voruntersuchung. Bei jeweils einem Patienten konnte eine Schwäche des M. biceps brachii rechts, des M. triceps brachii links bzw. des M. triceps brachii rechts nachgewiesen werden. Drei Patienten zeigten eine Schwäche der M. interossei der rechten Hand mit einem ASIA- Grad von 4/5.

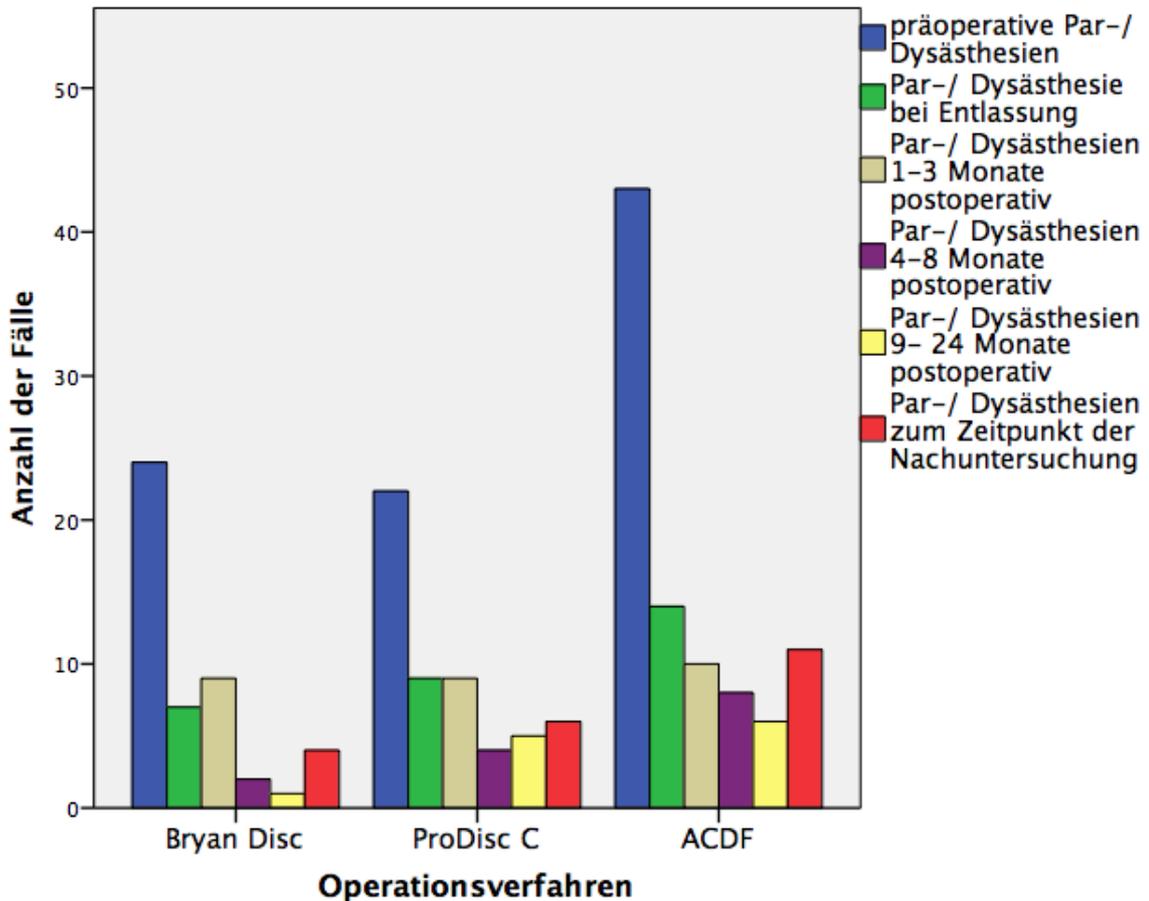
Zum Untersuchungszeitpunkt VI wurde bei zwei Patienten (ein Bryan Disc, ein ACDF) eine Schwäche der Muskulatur (2,9%) nachgewiesen. Ein Patient mit Bryan Disc verspürte eine gesteigerte Schwäche mit dem ASIA- Grad 4/5 am gesamten linken Arm und der Patient mit ACDF hatte eine vorher bekannte und sich nicht veränderte Schwäche Schwäche von 4/5 der kleinen Handmuskeln (M. interossei) der rechten Hand.

#### **IV.III. Sensibilität**

Während der Nachuntersuchungsintervalle wurde die Sensibilität der Patienten klinisch überprüft (s. Adnexe 1). Es wurde ein relativer Rückgang der Dysästhesien beschrieben werden (s. Graphik 5).

Bei Entlassung beschrieben 15 weibliche und 15 männliche Patienten (13,4%) eine persistierende Dysästhesie, ASIA- Grad I. Persistierende Sensibilitätsstörungen traten bei sieben Patienten der Bryan Disc- Gruppe, neun Patienten der ProDisc C- Gruppe und 14 Patienten der ACDF- Gruppe auf. Bei 28 Patienten konnte ein Rückgang der Dysästhesien beobachtet werden, zwei Patienten der ACDF- Gruppe gaben eine gesteigerte Dys-

ästhesie im Vergleich zum praeoperativen Status an. Zehn Patienten beschrieben eine weiterhin bestehende Gefühlsstörung in den Finger II - V der rechten Hand und weitere acht Patienten eine Gefühlsstörung der Finger II - V der linken Hand. Die Dermatome C6 und C7 links wurden als persistierende Gefühlsstörung von jeweils drei Patienten angegeben.



Graphik 5: Darstellung der Sensibilitätsstörungen in Abhängigkeit der Behandlungsverfahren im zeitlichen Verlauf

Im Intervall III wurde bei 28 Patienten (26,6%) eine Störung der Sensibilität nachgewiesen (fünf weiblich Bryan Disc, fünf weiblich ProDisc, vier männlich Bryan Disc bzw. ProDisc). Bei drei weiblichen und sieben männlichen Patienten mit ACDF wurde eine Dysästhesie festgestellt. Fünf Patienten (eine Bryan Disc, zwei ProDisc, zwei ACDF) beschrieben neu aufgetretene Dysästhesien oder eine Verstärkung ihrer bereits bekannten Symptomatik. Bei den anderen 22 Patienten konnte ein Rückgang der Sensibilitätsstörung beobachtet werden. Insgesamt wurden von 27 Patienten 61 verschiedene Lokalisationen der Sensibilitätsstörung angegeben, bei denen die linke obere Extremität mit 55,7% betroffen war. Im zweiten Finger der linken Hand auf (18%) sowie im Mittelfinger der linken Hand (11,5%) wurden Parästhesien angegeben.

Im Intervall IV bestand eine prozentuale Zunahme der Patienten mit Sensibilitätsdefiziten sowie eine absolute Abnahme (n= 14, 28,6%). Eine Patientin und ein Patient mit Bryan Disc wiesen persistierende, im Vergleich zur Voruntersuchung nicht veränderte Gefühlsstörungen auf. Bei drei weiblichen und einem männlichen Patienten mit ProDisc sowie zwei Patientinnen und sechs Patienten mit ACDF wurde eine neue Dysästhesie nachgewiesen. Am häufigsten traten Gefühlsstörungen im Digitus II der linken Hand auf (18,2%), Digitus II der rechten und Digitus I der linken Hand 13,6%.

Im Nachuntersuchungsintervall V beschrieben zwölf Patienten (25,5%) eine Störung der Sensibilität. Eine Patientin mit Bryan Disc sowie fünf Patientinnen mit ProDisc berichteten über persistierende Dysästhesien. Eine weibliche und fünf männliche Patienten mit ACDF gaben weiterhin bestehende Dysästhesien an. Insgesamt gaben fünf Personen eine gesteigerte oder neu aufgetretene Sensibilitätsstörung an, bei den weiteren sieben Patienten war der Status idem zur Voruntersuchung. Bei zwölf Lokalisationen wurde mit je 25% der linke bzw. der rechte Zeigefinger am häufigsten angegeben.

In Intervall VI zeigten 21 Patienten eine persistierende oder neu aufgetretene Dysästhesie. Vier Patientinnen mit Bryan beschrieben eine Dysästhesie, bei drei Patientinnen war die Dysästhesie neu aufgetreten. Fünf weibliche und ein männlicher Patient mit ProDisc beklagten eine persistierende Dysästhesie sowie sieben weibliche und vier männliche Patienten mit ACDF. Es wurden 44 Lokalisationen der Gefühlsstörung angegeben, davon wurde Dig. IV rechts mit 9,1% am häufigsten beschrieben. Mit je 6,8% wurden Störung des Empfindens in der kompletten oberen Extremität rechts sowie der linken Hand angegeben.

#### **IV.IV. Bewegungsausmaß**

##### **IV.IV.I. Rotation**

Es folgte die Bestimmung der Rotation in den einzelnen Nachuntersuchungsintervallen (s. Adenxe 1). Es zeigt sich nachfolgender Verlauf (s. Graphik 1 im Anhang).

##### Intervall I:

Bei 15 weiblichen Patienten und neun männlichen Patienten zeigte sich eine als „physiologisch“ definierte Beweglichkeit der Halswirbelsäule. Bei 16 Patienten zeigte sich eine gesteigerte Beweglichkeit der Halswirbelsäule für die Rechts- als auch für die Linksrotation. Praeoperativ wurde bei 50 Patienten eine geminderte Rotationsfähigkeit der HWS nachgewiesen.

##### Intervall III:

28 Patienten zeigten ein normales Bewegungsmaß sowie neun Probandinnen eine gesteigerte Beweglichkeit.

#### Intervall IV:

Achtzehn Probanden mit ACDF zeigten eine normale Rotationsfähigkeit der Halswirbelsäule. 18 Patienten zeigten eine geminderte Rotationsfähigkeit der HWS.

#### Intervall V:

Es zeigte sich bei 20 Patienten eine normale Rotationsfähigkeit der Halswirbelsäule. Eine verminderte Rotationsfähigkeit wurde bei 16 Patienten festgestellt. Sieben Patienten zeigten bei den Nachuntersuchungen eine gesteigerte Beweglichkeit von mehr als 60° Rotationsfähigkeit.

#### Intervall VI:

Eine regelrechte Rotationsfähigkeit der HWS wurde bei 23 Patienten gemessen. 21 Patienten zeigten eine reduzierte Beweglichkeit. Bei 19 Patienten wurde eine übermäßige Beweglichkeit der Halswirbelsäule gemessen.

### **IV.IV.II. Seitneigung**

#### Intervall I:

Acht Patienten wiesen praeoperativ ein als „physiologisch“ definiertes Bewegungsausmaß der Seitneigung der Halswirbelsäule auf. Zwei Patienten zeigten eine erweiterte Beweglichkeit der Seitneigungsfähigkeit. Bei 75,9% der Patienten ergab sich eine Minderung der Seitneigung.

#### Intervall III:

Die Seitneigung war bei insgesamt 22 Patienten normwertig. Bei insgesamt 47 Patienten lag eine reduzierte Seitneigungsfähigkeit der Halswirbelsäule vor. Fünf Probanden hatten eine gesteigerte Beweglichkeit. Insgesamt lässt sich hier eine Steigerung der Seitneigungsfähigkeit auf das normale Bewegungsmaß detektieren (praeoperativ: 8,2%, 1 - 3 Monate postoperativ: 29,7%).

#### Intervall IV:

Es zeigten elf Patienten eine normale und 27 Patienten eine eingeschränkte Fähigkeit der Seitneigung.

#### Intervall V:

23 Probanden wiesen eine regelrechte Seitneigungsfähigkeit in der Nachkontrolle auf. Ein Patient zeigte eine gesteigerte Beweglichkeit sowie 20 Patienten eine reduzierte Seitneigungsfähigkeit.

#### Intervall VI:

Bei 22 Patienten konnte eine normale, bei 38 Patienten eine reduzierte und bei drei Patienten eine gesteigerte Fähigkeit der Seitneigung der Halswirbelsäule nachgewiesen werden.

#### **IV.IV.III. Kinn- Jugulum- Abstand**

Es erfolgte die Bestimmung des Kinn- Jugulum- Abstandes zum Zeitpunkt der Nachuntersuchungen im Verlauf (s. Graphik 6).

##### Intervall I:

Der Kinn- Jugulum- Abstand wurde bei 92 Patienten bestimmt. Bei den Patienten mit Bryan Disc lag der Mittelwert des Kinn- Jugulum- Abstandes bei 3/18 cm, bei den Teilnehmern mit ProDisc C bei 3/17 cm. Die Patienten der ACDF – Gruppe zeigten einen Mittelwert von 3/17 cm.

##### Intervall III:

Der Kinn- Jugulum- Abstand wurde im bei 62 Patienten bestimmt. Hierbei zeigten die Patienten mit Bryan Disc einen mittleren Kinn- Jugulum- Abstand von 3/19 cm und die Probanden mit ProDisc C einen mittleren Abstand von 5/16 cm. Die versteiften Patienten wiesen einen mittleren Kinn- Jugulum- Abstand von 5/17 cm auf.

##### Intervall IV:

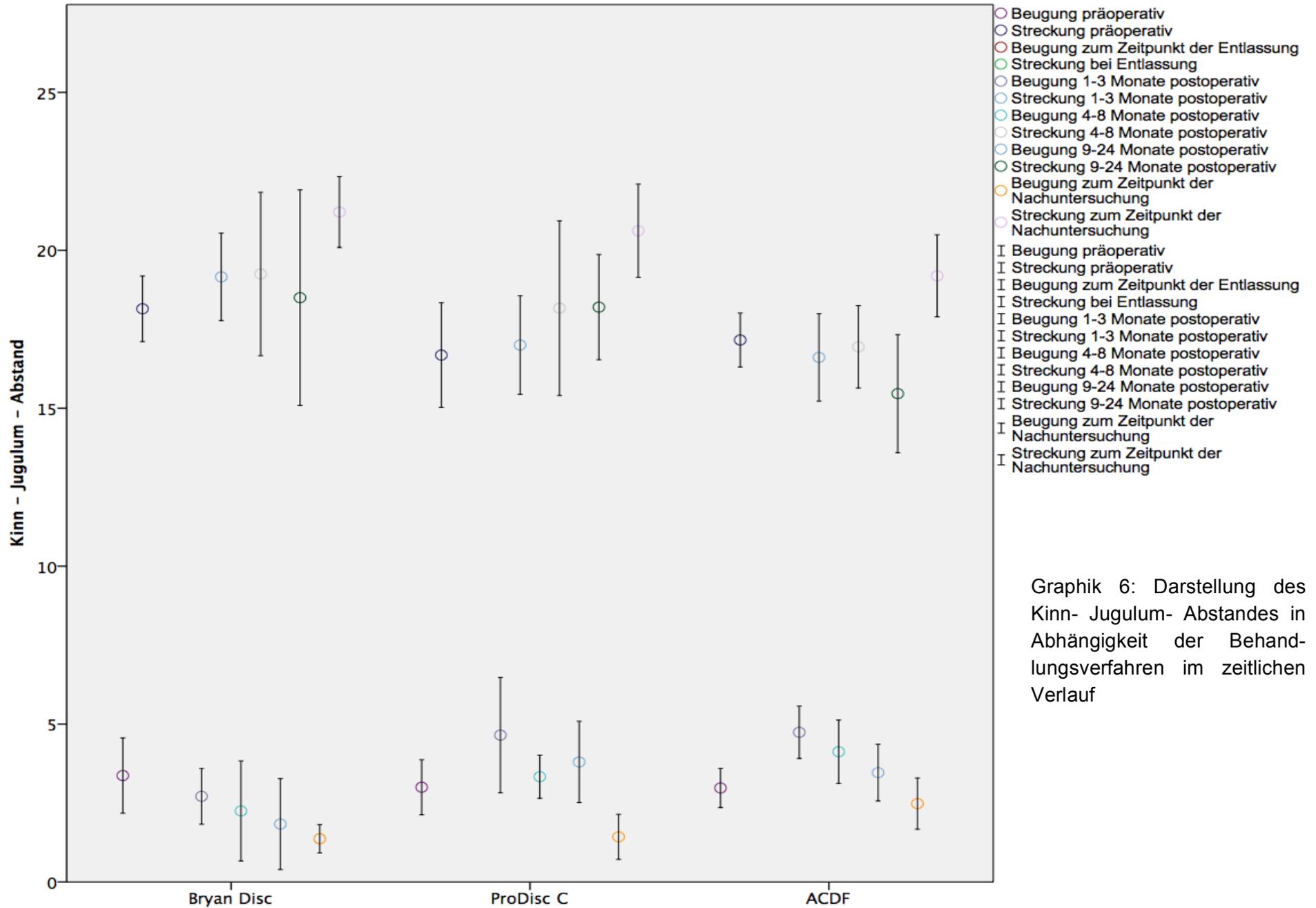
Der Kinn- Jugulum- Abstand wurde im bei 30 Patienten bestimmt. Hierbei zeigten die Patienten mit Bryan Disc einen mittleren Kinn- Jugulum- Abstand von 2/19 cm und mit ProDisc einen mittleren Abstand von 3/16 cm. Die versteiften Patienten wiesen einen mittleren Kinn- Jugulum- Abstand von 4/17 cm auf.

##### Intervall V:

Der Kinn- Jugulum- Abstand wurde bei 29 Patienten bestimmt. Hierbei zeigten die Patienten mit Bryan Disc einen mittleren Kinn- Jugulum- Abstand von 2/19 cm, die Patienten mit ProDisc C von 4/18 cm und die Patienten mit ACDF von 3/15 cm auf.

##### Intervall VI:

Der Kinn- Jugulum- Abstand wurde bei 67 Patienten gemessen. Das arithmetische Mittel des Kinn- Jugulum- Abstandes lag bei den Patienten mit Bryan Disc bei 1/21 cm, bei den Patienten mit ProDisc bei 1/21 cm und den fusionierten Patienten bei 2/19 cm.



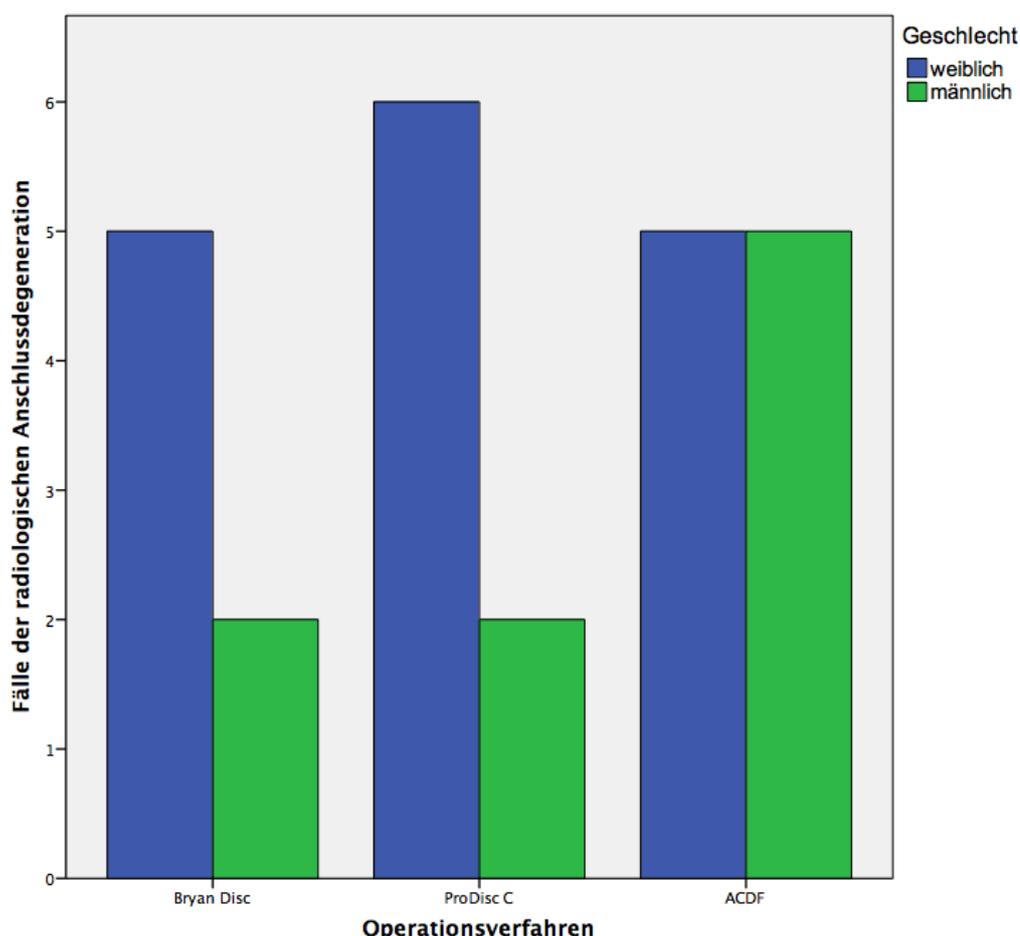
Graphik 6: Darstellung des Kinn- Jugulum- Abstandes in Abhängigkeit der Behandlungsverfahren im zeitlichen Verlauf

## V. Radiologische Ergebnisse in Intervall VI

### V.I. Radiologische Anschlussdegeneration in Abhängigkeit des Geschlechts und des Alters

Es erfolgte bei 67 Patienten eine radiologische Kontrolle zur Überprüfung der Implantatlage nach implantierter Prothese und Fusionsoperation und Überprüfung der Entwicklung einer radiologischen Anschlussdegeneration in Intervall VI.

Es bestand die nachfolgende Verteilung (s. Graphik 7):



Graphik 7: Darstellung der radiologischen Anschlussdegenerationen in Abhängigkeit der Behandlungsverfahren und des Geschlechts

Bei 15 Patienten (22,4%) zeigte sich eine radiologische Anschlussdegeneration, zehn Patienten (14,9%) wiesen eine Anschlusskrankung auf (drei weiblich Bryan Disc, drei weiblich und vier männlich ACDF).

Bei der Untersuchung einer möglichen Korrelation zwischen dem Auftreten von Anschlussdegenerationen/Anschlusskrankungen in Abhängigkeit des Behandlungsverfahrens konnte keine signifikante Korrelation nachgewiesen werden (Korrelationskoeffizient: 0,001;  $p = 0,996$ ).

Es zeigt sich keine Korrelation zwischen dem Auftreten von Anschlussdegenerationen/erkrankungen und dem Geschlecht (Korrelationskoeffizient: 0,091;  $p= 0,47$ ).

## **V.II. Radiologische Zeichen der Anschlussdegeneration in den Patientengruppen (Intervall VI)**

Die radiologischen Zeichen einer Anschlussdegeneration wurden bei 67 Patienten bestimmt. Von den 67 Patienten wurde bei 48 ein röntgenologische Darstellung im a.p. bzw. 54 Probanden im lateralen Strahlengang durchgeführt, vier Patienten erhielten eine HWS-Zielaufnahme sowie drei Patienten eine MRT- Untersuchung.

### **V.II.I. Radiologische Zeichen nativen Röntgen**

34 der 48 Patienten mit vorliegenden Röntgenaufnahmen im a.p. Strahlengang sowie 33 Patienten im sagittalen Strahlengang zeigten ein altersentsprechendes und nicht degenerativ verändertes Profil der HWS (21 weiblich, 13 männlich).

#### Bryan Disc

Zwölf Patienten (acht weiblich, vier männlich) zeigten ein unauffälliges Profil der HWS. Es wurden bei drei weiblichen Patienten eine Anchlusserkrankung und die Zeichen einer radiologischen Anschlussdegeneration im direkten Anschlusssegment nachgewiesen (s. Abb. 6a ). Dabei zeigte sich bei einer Patientin eine segmentale Uncovertebralarthrose im a.p. Strahlengang sowie bei zwei Patientinnen eine segmentale Kyphose mit Reduktion der segmentalen Lordose im sagittalen Profil. Eine Patientin wies eine segmentale Kyphose mit degenerativen Veränderungen an der Bandscheibe auf.

Bei zwei Patientinnen mit radiologischer Anschlussdegeneration wurden eine segmentale Uncovertebralarthrose sowie bei einer Patientin eine Rotationsinstabilität im a.p. Strahlengang nachgewiesen. Eine Patientin zeigte ein normwertiges a.p. Bild, wies jedoch im sagittalen Profil eine Kyphose und eine Bandscheibendegeneration auf. Drei Patientinnen wiesen eine Reduktion der segmentalen Lordose mit Ausbildung einer segmentalen Kyphose auf sowie eine Bandscheibendegeneration (Abb. 6b). Eine Patientin zeigte im sagittalen Profil die Ausbildung von spondylophytären Randanbauten.



Abb. 6 a



Abb. 6 b

Abb. 6 a: Korrekte Lage einer implantierten Bryan Disc C5/6

Abb. 6 b: Darstellung einer kyphotischen Fehlstellung der Halswirbelsäule mit korrekt positionierter Bryan Disc- Endoprothese auf Höhe C 6/7 und Anschlussdegeneration im cranialen Segment

#### ProDisc C

Dreizehn Patienten (vier weiblich, neun männlich) wiesen ein altersentsprechendes Profil der HWS auf (s. Abb. 7).

Bei acht Patienten wurde eine radiologische Anschlussdegeneration nachgewiesen. Bei zwei Patienten (eine weiblich, ein männlich) wurde im a.p. Strahlengang eine segmentale Uncovertebralarthrose festgestellt, sechs Patienten zeigten ein unauffälliges Bild. Im sagittalen Profil wurden bei drei Patienten eine Bandscheibendegeneration sowie spondylophytäre Anbauten nachgewiesen. Zwei Patienten zeigten eine segmentale Kyphose sowie ein Patient eine Reduktion der segmentalen Lordose. Ein Patient zeigte eine Osteochondrose der Grund- und Deckplatten sowie Spondylophyten.

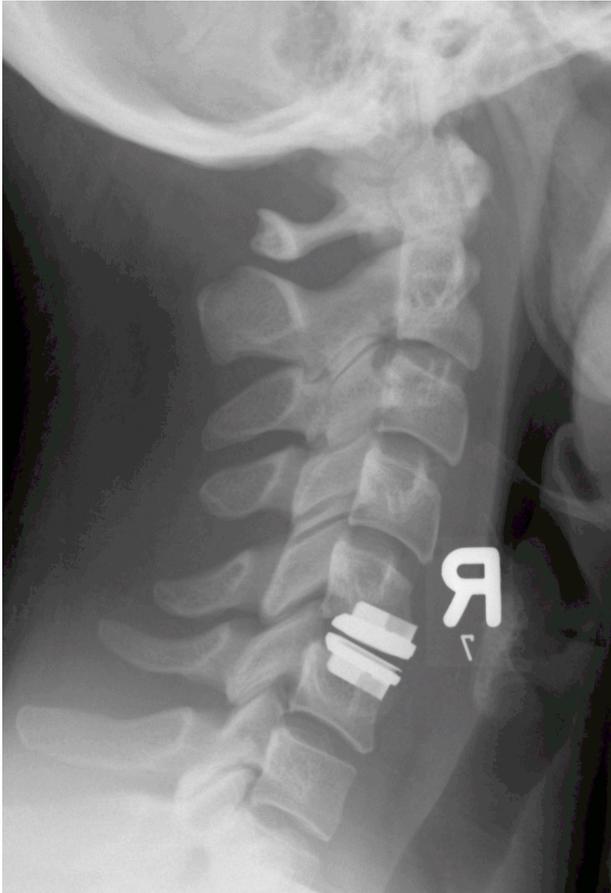


Abb. 7:  
Darstellung einer HWS im unauffälligen sagittalen Profil mit ProDisc C5/6

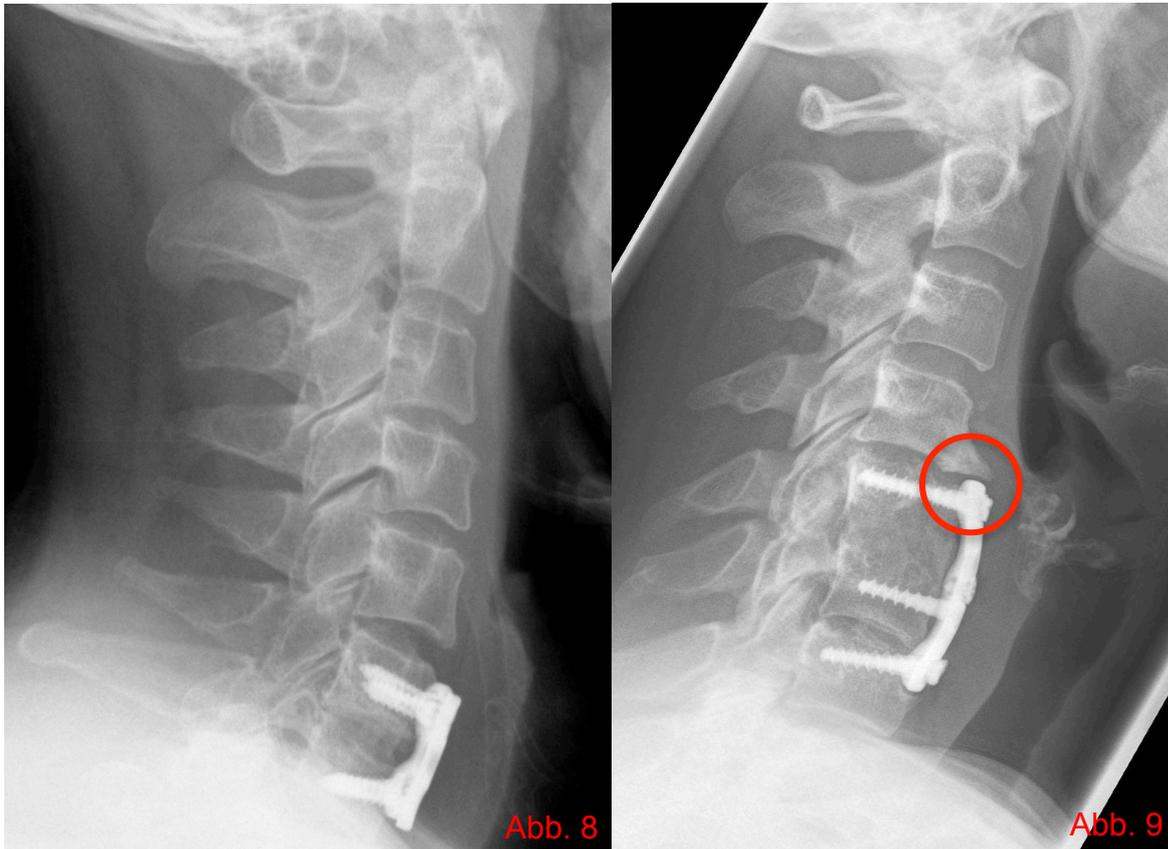
#### ACDF

In der Fusionsgruppe wurde bei 17 Probanden (elf weiblich, sechs männlich) ein unauffälliges Profil der HWS im konventionellen Röntgen nachgewiesen (Abb. 8). Sieben Patienten (drei weiblich, vier männlich) zeigten dabei eine Anschlusskrankung mit radiologischen Veränderungen, bei drei Patienten (zwei weiblich, einer männlich) wurde eine radiologische Anschlussdegeneration nachgewiesen (Abb. 9).

Sieben Patienten (vier weiblich, vier männlich) zeigten eine segmentale Uncovertebralarthrose im a.p. Strahlengang. Zwei männliche und zwei weibliche Probanden hatten eine Anschlusskrankung und wiesen im sagittalen Strahlengang eine segmentale Kyphose bzw. ein männlicher Patient eine segmentale Bandscheibendegeneration auf. Ein weiterer männlicher Patient mit Anschlusskrankung zeigte im sagittalen Profil einen Verlust der Lordose mit sekundärer Ausbildung einer Kyphose sowie eine Osteochondrose der Grund- und Deckplatten. Zwei Patientinnen zeigten das Bild einer radiologischen Anschlussdegeneration mit Ausbildung einer Kyphose, segmentaler Spondylophytenausbildung und Osteochondrose der Grund- und Deckplatten. Bei einem Patient wurde eine isolierte Bandscheibendegeneration nachgewiesen.

Abb. 8: Darstellung einer korrekt fusionierten HWS ohne Anschlussdegeneration C6/7

Abb. 9: Darstellung einer bisegmental fusionierten HWS mit Anschlussdegeneration im Anschlusssegment. Durch den Kontakt mit der ventralen Platte kommt es zur Ausbildung eines Osteophyten im cranialen Segment C5 – 7.

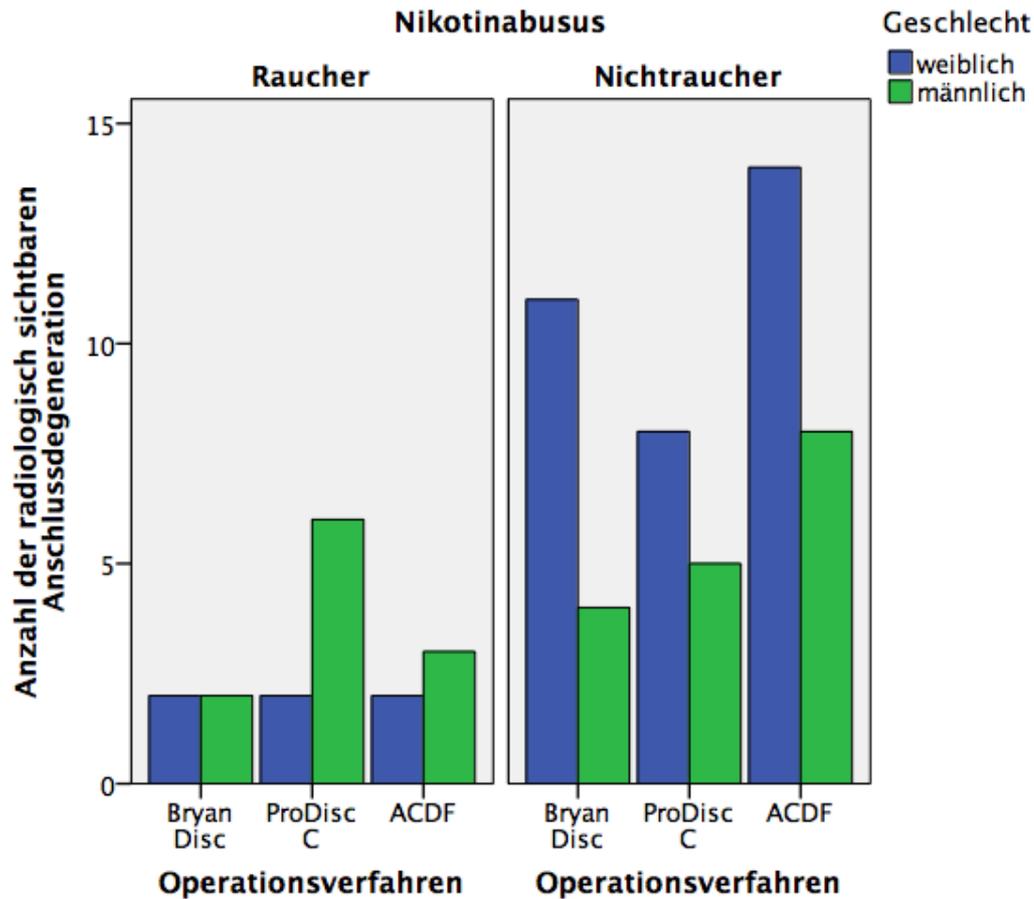


### V.III. Radiologische Anschlussdegeneration in Abhängigkeit des Tabakkonsums

17 der 67 nachuntersuchten Patienten (sechs weiblich, elf männlich) gaben einen kontinuierlichen Nikotinabusus in dem Zeitraum vor der Operation bis zur Nachuntersuchung an (s. Graphik 8).

Eine radiologische Anschlussdegeneration konnte bei 15 Patienten ohne Nikotinabusus (elf weiblich, vier männlich) und bei zehn Patienten mit Nikotinabusus nachgewiesen werden (s. Tab. 7 im Anhang).

Es zeigt sich eine schwache, jedoch signifikante Korrelation nach Pearson - R zwischen dem Nikotinabusus und dem Auftreten von Anschlussdegenerationen (Korrelationskoeffizient: 0,259;  $p=0,034$ ).



Graphik 8: Darstellung der radiologischen sichtbaren Anschlussdegeneration in Abhängigkeit des Behandlungsverfahrens und des Nikotinabusus

#### V.IV. Winkel der HWS

Es erfolgte die Bestimmung des Winkel der HWS analog zum Cobb- Winkel sowie des modifizierten, segmentalen Winkels im sagittalen Profil der HWS zu den Untersuchungsintervallen (s. Adnexe 1) sowie die Berechnung einer möglichen Korrelation der Cobb- Winkel und der Entstehung von Anschlussdegenerationen.

Der Cobb- Winkel und der segmentale Winkel der HWS konnte bei den Patienten mit Fremdaufnahmen in den Voruntersuchungen nicht ermittelt werden, da die Patienten ihre Fremdaufnahmen bei der Nachuntersuchung (Intervall VI) nicht alle vollständig vorlegten.

Es zeigte sich folgender Verlauf in den Nachuntersuchungen (s. Tab. 9 und Tab. 10):

Cobb- Winkel in Grad

	Bryan Disc		Prodisc C		ACDF	
	weiblich	männlich	weiblich	männlich	weiblich	männlich
Intervall I	7,2	10,3	6,9	6,9	6,1	9,3
Intervall I <sub>gesamt</sub>	7,8		6,9		7,6	
Intervall III	5,5	7,7	6,6	7,6	6,8	9,0
Intervall III <sub>gesamt</sub>	6,1		7,1		7,9	
Intervall IV	10,1	14,2	5,7	9,5	5,3	5,7
Intervall IV <sub>gesamt</sub>	11		7,0		5,5	
Intervall V	10,1	20	12,6	7,8	9,1	8,2
Intervall V <sub>gesamt</sub>	12,1		11,2		8,8	
Intervall VI	9,1	6,4	6,0	5,2	10,6	8,0
Intervall VI <sub>gesamt</sub>	8,0		5,8		9,8	

Tab. 9: Tabellarische Darstellung des Cobb – Winkels in Abhängigkeit der Behandlungsverfahren im zeitlichen Verlauf

Cobb- Winkel segmental in Grad

	Bryan Disc		Prodisc C		ACDF	
	weiblich	männlich	weiblich	männlich	weiblich	männlich
Intervall I	5	4,8	6,8	5,3	4,7	4,7

Intervall I <sub>gesamt</sub>	4,9		6,0		4,7	
Intervall III	4,8	5,1	5,2	6,3	5,3	5,9
Intervall III <sub>gesamt</sub>	4,9		5,7		4,6	
Intervall IV	6,8	12,1	3,8	3,9	5,2	6,5
Intervall IV <sub>gesamt</sub>	8,0		3,8		5,8	
Intervall V	7,0	6	9,8	3,8	4,0	6,4
Intervall V <sub>gesamt</sub>	6,7		8,1		4,5	
Intervall VI	4,1	8,3	7,7	5,7	6,6	6,2
Intervall VI <sub>gesamt</sub>	5,6		6,9		6,4	

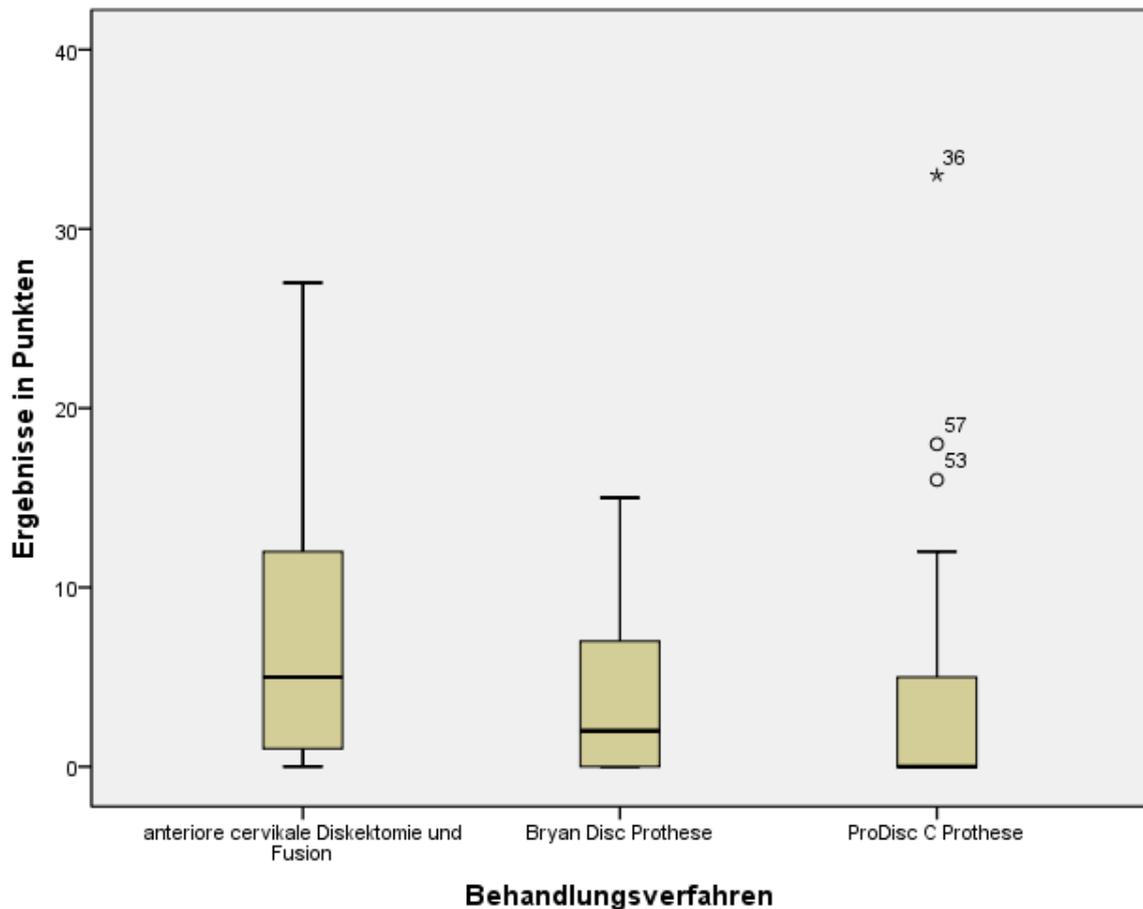
Tab. 10: Tabellarische Darstellung des segmentalen Cobb – Winkels in Abhängigkeit der Behandlungsverfahren im zeitlichen Verlauf

Es wurde eine mögliche Korrelation nach Pearson zwischen dem Auftreten von Anschlussdegenerationen und dem Cobb- Winkel bzw. segmentalen Winkel berechnet. Dabei zeigte sich eine sehr schwache Korrelation zwischen dem Auftreten von Anschlussdegenerationen und dem Cobb- Winkel (Pearson- Korrelationskoeffizient: 0,102 bzw. segmental: 0,129), welche nicht signifikant ist (Signifikanz:  $p= 0,47$  bzw. segmental:  $p= 0,36$ ).

## VI. Klinische Untersuchungen

### VI.I. Neck Disability Index

Es erfolgte die Auswertung der Befragung in Form des Neck Disability Index in Intervall VI. Dabei zeigte sich folgende Verteilung (Graphik 9):



Graphik 9: Absolute Ergebnisse des NDI in Abhängigkeit des Behandlungsverfahrens

Bei den Patienten mit Bryan Disc wies der Neck Disability- Index einen Mittelwert von 4,4 Punkten (8,7%) auf. Die dreizehn Studienteilnehmerinnen zeigten einen mittleren NDI von 5,8 Punkten (11,5%) und die sechs Patienten wiesen einen NDI- Mittelwert von 1,4 Punkten (2,7%) auf.

Die Patienten mit ProDisc hatten einen mittleren NDI- Wert von 5,15 Punkten (10,3%). Von den zehn Probandinnen lag das arithmetische Mittel des NDI bei 4,5 Punkten (9%) und bei den elf Probanden bei 5,7 Punkten (11,5%).

Die Patienten mit ACDF wiesen einen Mittelwert des NDI von 7,9 Punkten (15,7%) auf. Die 16 Patientinnen zeigten einen Mittelwert des NDI von 7,2 Punkten (14,3%) und die elf Probanden einen NDI- Mittelwert von 9,4 Punkten (18,7%).

Die Einschränkung der Lebensqualität stellt sich wie folgt dar (s. Tab. 11):

Einschränkung des alltäglichen Lebens	Behandlungsverfahren		
	Bryan Disc	ProDisc C	ACDF
Keine Einschränkung	16	17	22
Minimale Einschränkung	2	3	3
Mäßige Einschränkung	0	0	2
Schwere Einschränkung	0	1	1
Komplette Behinderung	0	0	0
n <sub>gesamt</sub>	18	21	28

Tab. 11: Darstellung der Lebenseinschränkung gemessen am NDI

Im Bonferroni- Mehrfachvergleich wurden die mittleren Differenzen des NDI in Abhängigkeit der Behandlungsverfahren verglichen.

Es zeigte sich kein signifikanter Unterschied der Ergebnisse des NDI in Abhängigkeit der Behandlungsverfahren. Die mittlere Differenz des NDI zwischen Bryan Disc und ProDisc-C wurde mit 0,7 Punkten ermittelt ( $p= 1,0$ ). Die mittlere Differenz von Bryan Disc und ACDF lag bei 3,8 Punkten ( $p= 0,3$ ). Die ProDisc C- Werte unterschieden sich von den ACDF- Werten um 3,1 Punkte ( $p= 0,5$ ).

Es ließ sich eine mittlere und signifikante Korrelation zwischen der Schmerzstärke der Einschränkung des täglichen Lebens ermitteln (Korrelationskoeffizient: 0,29;  $p= 0,01$ ). Ebenfalls besteht eine sehr schwache, jedoch nicht signifikante Korrelation zwischen den absoluten und prozentualen Ergebnissen des NDI und dem Geschlecht (Korrelationskoeffizient<sub>absolut</sub>: 0,13;  $p= 0,21$ ; Korrelationskoeffizient<sub>prozentual</sub>: 0,15;  $p= 0,16$ ).

## **VI.II. SF- 12 Fragebogen**

### **VI.II.I. Auswertung nach Geschlecht und Behandlungsverfahren**

Von den 67 nachuntersuchten Patienten füllten 52 Patienten den SF- 12 Fragebogen zur Erfassung der Lebensqualität komplett und 15 Patienten teilweise aus.

Das arithmetische Mittel des physischen Scores (PCS) aller 52 Studienteilnehmer lag bei 49,4 und der psychischen Scores (MCS) bei 54,8. In der Bryan Disc- Gruppe war der Mittelwert des PCS bei 51,5 und der des MCS bei 58,5. Die Probanden mit ProDisc C hatten einen PCS im Mittel von 50,0 und einen MCS von 51,6. Die fusionierten Patienten wiesen im Mittel einen PCS von 49,9 und einen MCS von 53,9 auf.

Im Bonferroni- Mehrfachvergleich des MCS zeigten die Patienten mit Bryan Disc im Vergleich zu Patienten mit ACDF eine mittlere, nicht signifikante Differenz von 4,7 Punkten des MCS ( $p= 0,57$ ). Gegenüber den Patienten mit ProDisc wies die Bryan Disc- Gruppe eine mittlere, nicht signifikante Differenz von 6,9 auf ( $p= 0,19$ ). Der MCS der Patienten mit ACDF im Vergleich zu Patienten mit ProDisc zeigte eine mittlere, nicht signifikante Differenz von 2,2 ( $p= 1,0$ ). Die mittlere Differenz des PCS im Bonferroni- Mehrfachvergleich lag bei Patienten mit Bryan Disc gegenüber Patienten mit ACDF bei 4,6 Punkten ( $p= 0,39$ ). Die Patienten mit Bryan Disc weisen einen mittleren, nicht signifikanten PCS von 1,5 Punkten mehr auf als die Patienten mit ProDisc ( $p= 1,0$ ). Die ProDisc- Gruppe zeigt eine mittlere, nicht signifikante Differenz des PCS gegenüber der ACDF- Gruppe von 3,1 ( $p = 0,96$ ).

Die Auswertung der linearen Regression der beiden Geschlechter zeigte, dass die weiblichen Probanden einen mittleren MCS von 55,7 Punkten (Intervall: 22,6 - 64,0) und einen PCS von 49,2 Punkten (Intervall: 23,1 - 57,2) aufzeigten. Die mittleren Werte der männlichen Patienten lagen bei dem MCS bei 53,4 Punkten (Intervall: 21,2 - 64,1) und bei dem PCS bei 49,8 Punkten (Intervall: 25,7 - 57,6).

Es ließen sich keine signifikanten Unterschiede der mittleren Werte des MCS ( $p= 0,45$ ) und des MCS ( $p= 0,83$ ) in Abhängigkeit des Geschlechts feststellen.

### **VI.II.II. Auswertung nach Anzahl der Segmente**

Von den 52 der 67 nachuntersuchten Patienten, welche den SF - 12 vollständig ausfüllten, erhielten 35 Patienten eine monosegmentale und 17 Patienten eine bisegmentale Operation.

Das arithmetische Mittel des PCS der Patienten mit monosegmentalen Eingriffen lag bei 50,5 (23,1 - 57,6) und das des MCS bei 55,6 (21,2 - 63,8). Die Patienten des bisegmentalen Eingriffes zeigten einen Mittelwert des PCS von 47,5 (25,3 - 56,6) und des MCS von 53,2 (22,6 - 64,1).

Es ließ sich kein signifikanter Unterschied des MCS bzw. PCS in Abhängigkeit der operierten Segmente feststellen ( $p_{\text{MCS}}=0,45$ ;  $p_{\text{PCS}}= 0,22$ ).

## VII. Zusammenfassung der Ergebnisse

In der vorliegenden Arbeit werden die Ergebnisse von 112 Patienten, die im Zeitraum vom 01.01.2000 - 31.12.2007 operativ an der Halswirbelsäule in der wirbelsäulenchirurgischen Abteilung des Lubinus Clinicums in Kiel behandelt wurden, dargestellt. Eine Operationsindikation erfolgte aufgrund von Beschwerden, die infolge einer Wurzel- oder Myelonkompression, einer bestehenden Mischsymptomatik oder diskogenen Schmerzen auftraten. Zum Einsatz kamen zwei Behandlungsverfahren:

- Fusionsoperation (ACDF)
- Bandscheibenendoprothetik ((CDA): Bryan- und Prodisc C - Endoprothese).

In der retrospektiven Kohortenstudie wurden Patientendaten anlässlich von Untersuchungen praeoperativ, postoperativ, 1 - 3 Monate, 4 - 8 Monate, 9 - 24 Monate und prospektiv mehr als 60 Monate nach der Operation erhoben. Gegenstand der Arbeit war die Überprüfung der nachfolgenden Thesen:

1. Darstellung der Häufigkeit von Anschlussdegenerationen bei Fusions – bzw. Bandscheibenendoprothesenoperationen nach einem Beobachtungszeitraum von mindestens 60 Monaten.
2. Identifikation von Risikofaktoren für das Entstehen von symptomatischen Anschlussdegenerationen (Patientenalter, Anzahl der Operationssegmente, sagittale Balance, Einfluss von Nikotin).

1. Eine radiologische Anschlussdegeneration wurde im Mittel von 7,9 Jahren bei 15 (22,4%) sowie eine Anschlusserkrankung bei zehn (14,9%) von 67 Patienten festgestellt.

42 Patienten (62,9%) wiesen ein unauffälliges Profil der Halswirbelsäule auf. 16 weibliche und neun männliche Probanden zeigten radiologische Veränderungen an ihrer Halswirbelsäule, davon sieben Patienten mit implantierter Bryan Disc, acht Patienten mit implantierter Pro Disc C und zehn Patienten mit einer Versteifungsoperation. Es bestand keine Korrelation zwischen dem Auftreten von Anschlussdegenerationen und dem verwendeten Behandlungsverfahren. Der Korrelationskoeffizient nach Pearson - R liegt bei 0,001 und zeigt keine signifikante Korrelation an ( $p= 0,99$ ).

2. Bei insgesamt 25 Patienten unterschiedlicher Altersgruppen bestand eine radiologische Anschlussdegeneration bzw. Anschlusskrankung.

Die Einteilung der Altersgruppen fand zum Zeitpunkt der Operation statt. In der Altersgruppe der 40 - 49-jährigen Patienten (52%) wurde am häufigsten eine Anschlusskrankung/-degeneration nachgewiesen, gefolgt von der Gruppe der 30 - 40-jährigen Patienten (36%). In der Gruppe der 50 - 59-Jährigen waren 8% und in der Gruppe der 60 - 70-jährigen nur 4% betroffen. Die Pearson - R - Korrelation zeigte eine sehr schwache und nicht signifikante Korrelation zwischen Patientenalter und Auftreten von Anschlussdegenerationen (Korrelationskoeffizient: 0,08;  $p= 0,52$ ). Es besteht eine schwache, jedoch signifikante Korrelation der Altersgruppen und des ausgewählten Behandlungsverfahrens (Korrelationskoeffizient: 0,31;  $p= 0,01$ ).

Es erfolgte die Einteilung nach operierten Segmenten mit einer Unterteilung in zwei Gruppen (mono- und bisegmental) anlässlich der letzten Nachuntersuchung (Intervall VI). Insgesamt erfolgte bei 45 Patienten eine monosegmentale und bei 22 Patienten eine bisegmentale Operation. Bei 28 Patienten (62,2%) mit monosegmentaler Operation ergab sich bei der letzten Nachuntersuchung ein radiologisch unauffällige und altersentsprechender Befund, bei 17 (37,8%) bestand eine radiologisch sichtbare Anschlussdegeneration/-erkrankung. Bei vierzehn (63,6%) der 22 Patienten mit bisegmentaler Operation wurde keine radiologische Degeneration sowie bei acht (36,8%) eine Anschlussdegeneration/-erkrankung nachgewiesen. Es bestand eine sehr schwache und nicht signifikante Korrelation zwischen der Anzahl der operierten Segmente und dem Auftreten von Anschlussdegenerationen und nachfolgend keine Annahme der Nullhypothese (Pearson - R - Intervall: 0,1;  $T = 0,8$ ;  $p = 0,42$ ; Korrelationskoeffizient<sub>Pearson</sub> = 0,01;  $p 0,91$ ).

Es folgte die Bestimmung des Lordose- Winkels der HWS (C2 - C7) sowie des segmentalen Winkels. Dieser lag bei den Patienten mit Anschlussdegeneration im Mittel bei  $7,4^\circ$  für den Gesamtwinkel und bei  $5,8^\circ$  für den segmentalen Winkel (Intervall VI). Bei den Patienten ohne Anschlussdegeneration/-erkrankung lag das arithmetische Mittel des Gesamtwinkels bei  $9,2^\circ$  und des segmentalen Winkels bei  $7,1^\circ$  (Intervall VI). Die Patienten mit Anschlussdegeneration/-erkrankung wiesen einen geringeren Lordosewinkel der gesamten HWS bzw. des Segmentes auf als die Patienten ohne Anschlussdegeneration. Dies bedeutet eine sehr schwache Korrelation zwischen dem Auftreten von Anschlussdegeneration und dem Gesamtwinkel mit einem Korrelationskoeffizient von 0,1 ( $p= 0,47$ ) sowie bei einem segmentalen Winkel von 0,13 ( $p= 0,36$ ). Zusammenfassend sind Ge-

samtwinkel sowie segmentaler Winkel Einflussfaktoren für die Entwicklung einer Anschlussdegeneration/-erkrankung.

Bei 16 weiblichen und neun männlichen Patienten wurde ein Anschlussdegeneration/-erkrankung/-degeneration nachgewiesen. Es zeigt sich keine Korrelation zwischen dem Auftreten von Anschlussdegenerationen/-erkrankungen und dem Geschlecht (Korrelationskoeffizient: 0,09;  $p=0,47$ ).

Von den 67 nachuntersuchten Patienten gaben 17 Patienten einen persistierenden Tabakkonsum in Intervallen I bis VI an. Von den 50 Patienten ohne Nikotinabusus bestanden bei 35 Patienten (70%) keine radiologischen Hinweise auf eine degenerative Veränderung des angrenzenden Segmentes. Bei fünfzehn Patienten (30%) wurde eine Anschlussdegeneration/-erkrankung in dem angrenzenden Segment festgestellt. Von 17 Rauchern wurde bei 7 Patienten (41,2%) ein unauffälliges Profil der Halswirbelsäule sowie bei zehn Patienten (58,8%) eine Anschlussdegeneration/-erkrankung in den anschließenden Segmenten festgestellt. Nach Berechnung der Korrelation nach Pearson zeigte sich Korrelationskoeffizient von 0,26 mit einer zweiseitigen Signifikanz  $p= 0,034$ , welcher eine schwache, jedoch signifikante Korrelation zwischen dem Auftreten von Anschlussdegenerationen und dem persistierenden Nikotinabusus aufzeigt.

## 4) Diskussion

### I. Einführung in die Literatur

Die Anfang des letzten Jahrzehnts entwickelten Bandscheibenendoprothesen sollen eine Alternative zu der 1952 entwickelten anterioren, cervikalen Diskektomie und Fusion sein (Bailey und Bagdley 1952), die als Goldstandard der operativen Versorgung der HWS betrachtet werden. Der Erfolg der ACDF wird durch die in den letzten 15 Jahren vermehrt beschriebenen Entwicklung von Anschlussdegenerationen und Anschlusskrankungen beeinflusst (Katsuura et al. 2009, Chang et al. 2007, Pimenta et al. 2007, Murrey et al. 2009, Nabhan et al 2009, Reginald et al. 2013, Hou et al. 2014).

Hilibrand et al. (1999) untersuchten in ihrer Studie 374 Patienten nach mono- und bisegmentaler Fusion der HWS in einem 10 - jährigen Beobachtungszeitraum in Bezug auf die jährliche Inzidenz, die Prävalenz und das Auftreten von degenerativen Anschlusskrankungen in Abhängigkeit der operierten Segmente. Als degenerative Anschlusskrankung wurden radiologische Veränderungen der angrenzenden Segmente (Osteochondrose etc.) definiert. Es ergab sich eine jährliche Inzidenz von 2,9%/Jahr bei einer Prävalenz von 25,6% des gesamten Patientenkollektivs. Bisegmentale Versorgungen riefen absolut gesehen weniger Anschlusskrankungen hervor als monosegmentale Operationen. Zusammenfassend kamen die Autoren zu dem Schluss, dass sich nach einem längeren Zeitintervall eine Anschlussdegeneration entwickeln kann.

Katsuura et al. (2001) wiesen nach, dass die ACDF zu einem veränderten sagittalen Profil der HWS und damit zu nachfolgenden degenerativen Veränderungen der Anschlusssegmente führen kann. In der Untersuchung von 42 Patienten mit mono- oder bisegmentalen Versteifungsoperationen (Follow up: 9,8 Jahre) zeigten 50% der Patienten eine degenerative Veränderung im Anschlusssegment. Bei 43% dieser Patienten bestand eine Kyphose im sagittalen Profil und es wurde eine signifikante Korrelation zwischen dem Auftreten von Anschlussdegenerationen und einer sagittalen Kyphose angegeben. Die Autoren folgerten, kyphotische Einstellungen als Prädiktor für die Entstehung von Anschlussdegenerationen anzusehen.

Als Alternative zur ACDF wurden cervikale Bandscheibenendoprothesen entwickelt, die durch eine Erhaltung und Wiederherstellung des sagittalen Profils und der segmentalen Beweglichkeit eine Reduktion von Anschlussdegenerationen bewirken sollen. Pickett et al. (2005) beschrieben, dass bei Verwendung der Bryan Disc die Segmentmobilität erhalten bleibt, die Gesamtbeweglichkeit verbessert wird und kein Einflüsse auf die Rotation, die Bandscheibenhöhe und die Translation bestehen. Kim et al. (2008) geben nach der Verwendung der Bryan Prothese bei 39 Patienten an, dass bei 86% der operierten Patienten

radiologisch das sagittale Alignment erhalten wurde und kein Kyphosenachweis mit damit verbundenen Mehrbelastung der angrenzenden Segmente bestand. Pimenta et al. (2007) berichteten nach einem prospektiven Vergleich von mono- und multisegmentalen endoprothetischen Versorgungen bei 229 Patienten über eine signifikante Verbesserung von NDI und VAS im Vergleich zu den Resultaten bei den Fusionsoperationen bei multisegmentalen Versorgungen.

Einige Autoren, wie z. B. Sasso und Best (2008), Murrey et al. (2009) oder Chang et al. (2007) verglichen die postoperativen Ergebnisse beider Operationsverfahren direkt. Sasso und Best (2008) führen nach einem Vergleich von Fusionsoperationen und der Implantation einer Bryan Disc aus, dass nach einem Beobachtungszeitraum von 24 Monaten der ROM für Flexion und Extension in den direkt angrenzenden Segmenten in beiden Gruppen vergleichbar ist. Festgestellt wurde aber eine Zunahme der anterioren bzw. posterioren Translation in dem cranialen Segment der Fusionsgruppe, während bei Verwendung der Bryan Endoprothese eine normale Translation bestand und damit ein Schutz des angrenzenden Segmentes. Biomechanische Untersuchungen zeigen den Erhalt der segmentalen Beweglichkeit. So geben Chang et al. (2007) an, dass bei Verwendung der ProDisc C und der Prestige Endoprothesen die Beweglichkeit vergleichbar zur praeoperativen Situation gemessen wurde, gleichzeitig aber ein erhöhter Druck im Bereich der Facettgelenke bestand. In einem parallel durchgeführten Versuch unter Simulation einer Fusionsoperation wurde eine Druckreduktion des versorgten Segments bei gleichzeitigem Druckanstieg im Bereich der angrenzenden Segmente gemessen. Es wurde gefolgert, dass die bewirkte Druckreduktion in den Anschlusssegmenten eine erniedrigte Rate an Anschlusskrankungen bewirkt.

In der FDA - Studie von Murrey et al. (2009) zeigte sich eine deutlich reduzierte Beweglichkeit der Halswirbelsäule bei Patienten der Fusionsgruppe gegenüber den Patienten mit ProDisc C, bei denen bei 84,4% kein postoperativer Bewegungsverlust vorlag (Follow - up: 60 Monate). Philipps et al. (2009) führen nach der Implantation der Bryan Disc bei dem Vorliegen einer Anschlussdegeneration nach einer primären Fusionsoperation (n= 26) und einer primären Prothesenimplantation (n= 126) aus, dass bei einem höheren Risiko des Versagens durch die höhere biomechanische Belastung die Resultate vergleichbar zu den Ergebnissen der Primärimplantation sind. Bei einem Vergleich von Fusions- und Endoprothesenoperationen an der HWS bestand bei dem Vorliegen einer monoradikulären Radikulopathie (Nabhan et al. 2009) eine signifikant höhere Rate an degenerativen radiologischen Veränderungen der Anschlusssegmente in der Fusionsgruppe ( $p < 0,05$ ). Klinische mit der VAS und dem NDI evaluierte Symptome zeigten ebenfalls in der Fusi-

onsgruppe eine signifikant höhere Zunahme ( $p < 0,05$ ). Bei den fusionierten Patienten wurden häufiger Revisionsoperationen im Anschlusssegment durchgeführt.

Barbagallo et al. (2009) berichten von 24 Patienten, die erstmalig mit einer Hybridtechnik operativ versorgt wurden (ACDF und CDA), dass nach einem Follow - up von 23,8 Monaten eine signifikante Verbesserung der Schmerzsymptomatik sowie eine radiologische Funktion der Bandscheibenendoprothese nachgewiesen wurden. Shin et al. (2009) verglichen 20 Patienten mit Hybridversorgung sowie 20 Patienten mit einer bisegmentalen Fusionsoperation. Es wurde festgestellt, dass die mit der Hybridtechnik versorgten Patienten einen besseren Schmerzverlauf (VAS- Reduktion im Verlauf), einen geringeren postoperativen Schmerz, eine schnellere Verbesserung ihrer Beweglichkeit und einen geringeren ROM- Anstieg im Bereich der angrenzenden Segmente aufwiesen.

Reginald et al. (2013) untersuchten das Ergebnis von 330 Patienten (225 CDA, 105 ACDF) nach einer bisegmentalen Versorgung in Bezug auf die Veränderung der Schmerzsymptomatik (VAS, Lebensqualität NDI, SF- 36), Beweglichkeit und der Komplikationsrate in einem 2 - jährigen Beobachtungszeitraum. Hier ergab sich bei beiden Patientengruppen eine signifikante Verbesserung der Schmerzsymptomatik und der Lebensqualität. Insgesamt zeigten die endoprothetisch versorgten Patienten eine signifikant größere Verbesserung als die Patienten mit ACDF. Die Beweglichkeit der Patienten mit CDA war ebenfalls signifikant besser und die Rate der Anschlussdegenerationen fiel in der CDA - Gruppe signifikant niedriger aus ( $p < 0,03$ ). Die Komplikationsrate der CDA war ebenfalls signifikant gemindert, sodass die gefolgert wurde, dass eine bisegmentale Versorgung durch die CDA einen signifikanten Vorteil gegenüber der Versorgung mit ACDF bringt.

## **II. Diskussion der eigenen Ergebnisse mit der Literatur der HWS – Prothesen und der ACDF**

Kelly et al. (2011) beschrieben in ihrer prospektiven, randomisierten und kontrollierten Studie zur Dokumentation von ROM- Änderungen in den Anschlusssegmenten bei durchgeführten CDA- bzw. ACDF- Operationen in einem Zeitraum von 24 Monaten eine signifikant erhöhte Beweglichkeit im cranialen und caudalen Anschlusssegment in der ACDF- im Vergleich zu der CDA- Gruppe aufwies (cranial: ACDF  $+1.4^\circ$ , CDA  $+0.8^\circ$ , caudal: ACDF:  $+2.6^\circ$ , CDA  $+1.3^\circ$ ), diese wurde als nicht signifikant gewertet. Analog hierzu berichteten Auerbach et al. (2011) in einer prospektiven, randomisierten kontrollierten Studie mit 197 Patienten (93 Patienten CDA, 94 Patienten ACDF) nach einer radiologische Evaluation des Gesamt- ROMs, des ROMs des operierten Segmentes und der ROMs der direkten Anschlusssegmente bei den Patienten prae- und nach 24 Monaten postoperativ über eine Zunahme der gesamten Beweglichkeit der Halswirbelsäule in der CDA- Gruppe

um  $5,7^\circ$  und eine Abnahme der Beweglichkeit von  $0,8^\circ$  in der ACDF- Gruppe. Weiterhin zeigte sich eine gleichbleibende Beweglichkeit des operierten Segmentes und der Anschlusssegmente in der CDA- Gruppe, während die Beweglichkeit des operierten Segmentes in der ACDF- Gruppe um 15% reduziert war. Die Reduktion der Beweglichkeit im operierten Segment der ACDF- Gruppe führte zu einer verstärkten Beweglichkeit in den Anschlusssegmenten (caudales Anschlusssegment ROM: Steigerung 5,9%; erstes kraniales Anschlusssegment ROM: Steigerung 3,3%; zweites kraniales Anschlusssegment ROM: Steigerung 5,3%; drittes kraniales Anschlusssegment ROM: Steigerung 3%). Diese Tatsache wurde als Kompensationsmechanismus der Bewegungsreduktion im fusionierten Segment erklärt. Als Folge der erhaltenen Segmentbeweglichkeit bei Implantation einer CDA wird eine Reduktion des Risikos von Anschlussinstabilitäten nach zwei Jahren beschrieben.

Diese frühen Ergebnisse unterscheiden sich deutlich von den Ergebnissen dieser Studie, welche einen sehr viel längeren Nachuntersuchungszeitraum aufweist. Entgegen der Studie von Auerbach et al. 2011 konnte in dieser Studie nach einem mittleren Follow - up von 7,6 Jahren (91,2 Monate) kein signifikanter Unterschied bezüglich der Entstehung von Anschlusskrankungen/-degenerationen ermittelt werden. Die nachweisbare vermehrte, ventrale Belastung einer in kyphotischer Stellung eingestellten Halswirbelsäule geht mit einer erhöhten Rate an Anschlussinstabilitäten einher (Katsuura et al. 2001).

Ähnliche Ergebnisse wie Auerbach et al. (2011) berichteten Nabhan et al. (2011) in einer vergleichenden, randomisierten Studie der Beweglichkeit der operierten Segmente und der Anschlusssegmente in Abhängigkeit des Operationsverfahrens (ACDF, CDA). In dem Zeitraum von max. 12 Monaten wurden bei den Patienten der Schmerzstatus (VAS- Skala), die Einschränkung durch die Halswirbelsäule (NDI) sowie die radiologische Beweglichkeit der Halswirbelsäule gemessen. Es bestand kein signifikanter Unterschied der VAS bzw. des NDI nach bei Entlassung, sechs Monate oder 12 Monate postoperativ bei beiden Verfahren. Bei der Kontrolluntersuchung nach sechs Monaten fand sich eine erhöhte Beweglichkeit der Anschlusssegmente der ACDF- Gruppe gegenüber der CDA- Gruppe, die sich jedoch ein Jahr postoperativ in beiden Gruppen nicht signifikant unterschied. Die verbesserte Beschwerdesymptomatik deckt sich mit den Ergebnissen dieser Studie.

Nunley et al. (2013) untersuchten 167 Patienten mit Endoprothesenimplantation (Patientenkollektiv: n = 763) nach einem 4 - jährigen Beobachtungszeitraum bezüglich des klinischen und radiologischen Auftretens von Anschlussdegenerationen nach. Angegeben wurde eine jährliche Inzidenz von 3,1% symptomatischer Anschlussdegenerationen unabhängig von Geschlecht, Nikotinabusus und Patientenalter. Parallel nachweisbare lumbale, degenerative Veränderungen bzw. eine Osteopenie führten zu einer signifikanten Risikoerhöhung, eine symptomatische Anschlussdegeneration nach einer cervikalen Ope-

ration zu entwickeln. In dieser Studie zeigt sich eine schwache, jedoch signifikante Korrelation zwischen dem Auftreten von Anschlusskrankung/-degeneration und dem Nikotinabusus ( $p=0,03$ ). Ebenso scheint das Alter ein Risikofaktor für die Entstehung von Anschlusskrankung/-degeneration zu sein ( $p=0,01$ ). Die Aussagen dieser Studie widersprechen damit der Aussage der Studie von Nunley et al. (2013). Die einzige Aussage, die sich bestätigt, ist das Auftreten von Anschlusskrankungen/-degenerationen geschlechtsunabhängig ( $p=0,47$ ).

In der Metaanalyse von Yang et al. (2012) wurde nach einem Verlauf von mehr als zwei Jahren nach der Untersuchung klinischer und radiologischer Parameter festgestellt, dass die CDA absolut weniger Anschlussdegenerationen als die ACDF hervorruft, jedoch kein signifikanter Unterschied besteht. Ryu et al. (2013) fanden bei 20 Patienten mit implantierter Bryan Disc mit einem mittleren Follow - up - Zeitraum von fünf Jahren keine signifikanten Unterschiede der post- (5 Jahre) zu den praeoperativen Werten in Bezug auf den ROM, den Fusionswinkel, die Bandscheibenhöhe und die sagittale Translation. Die Bryan Disc wurde als langandauernde Lösung für die funktionelle Beweglichkeit der Halswirbelsäule nach fünf Jahren bewertet. Zhang et al. (2013) berichteten in ihrer Studie mit 20 Probanden nach einem 4- Jahres Intervall vergleichbare Resultate. Die Beweglichkeit der Bryan Disc war gut erhalten und es wurde eine signifikante Reduktion des VAS für Arm und Nackenschmerz, des NDI, des SF- 36 und des JOA angegeben. Radiologisch degenerativen Veränderungen der angrenzenden Segmente wurden nicht beschrieben. Diese Ergebnisse decken sich teilweise mit den Ergebnissen dieser Studie. Ebenso wie Yang et al. (2012) zeigen sich in dieser Studie keine signifikanten Unterschiede in der Entstehung der Anschlussdegeneration in Abhängigkeit des Behandlungsverfahrens. In dieser Studie ergibt sich jedoch, dass eine Veränderung des sagittalen Profils als Einflussfaktor für die Entstehung von Anschlussdegenerationen angesehen werden kann.

Kontroverse Ergebnisse berichteten Zhao et al. (2013), die 26 Patienten mit implantierter ProDisc C nach einem Follow - up von fünf Jahren in Hinblick auf die Entstehung von radiologischen Anschlussdegenerationen und den Erhalt der Beweglichkeit untersuchten. Beschrieben wurden über 36,7% degenerative Veränderungen sowie der Erhalt der Beweglichkeit in den operierten Segmenten.

In der vorgelegten Studie wurde nach durchschnittlich 7,6 Jahren bei 25 von 67 Patienten (37,1%) eine Anschlussdegeneration/-erkrankung festgestellt (sieben Bryan Disc, acht ProDisc, zehn ACDF). Es bestand dabei keine Korrelation zwischen dem Auftreten von Anschlussdegenerationen und dem angewendeten Behandlungsverfahren (Korrelationskoeffizient: 0,001;  $p= 0,996$ ). Diese Resultate widersprechen nur scheinbar den genannten Literaturstellen (Nabhan et al. 2011, Yang et al. 2012, Ryu et al. 2013, Ryu et al. 2013, Zhang et al. 2013, Maldonado et al. 2011), die durch eine viel kürzere Beobach-

tungszeit und eine geringe Patientenanzahl charakterisiert sind. Die Angaben von Nunley et al. (2013), die eine jährliche Inzidenz von 3,1% an Anschlussinstabilitäten und damit die längere Beobachtungsphase als wesentlichen Faktor der Entwicklung von Anschlussinstabilitäten beschreiben, weisen sehr deutlich auf den Zeitfaktor als Ursache einer sich entwickelnden Degeneration hin.

Die eigene Untersuchung ergibt keinen Unterschied bei mono- oder bisegmentaler Implantation. Im Gegensatz dazu ergab sich in der FDA - Studie von Singh et al. (2012, 176 Patienten mit einer ACDF, 45 Patienten mono-, 159 Patienten bi- oder multisegmental), dass die Anzahl der Anschlussinstabilitäten mit der Zahl der versorgten Segmente ansteigt (monosegmental 4,2%/anno, bisegmental 7,6% und multisegmental 25% nach einem Mittelwert von 3,5 Jahren Beobachtungszeitraum).

Die verbesserte Segmentbeweglichkeit (Kelly et al. 2011, Auerbach et al. 2011) nach der Implantation einer Bandscheibenendoprothese kann nicht der einzige Faktor der Verhinderung einer Anschlussdegeneration sein, wie die vergleichbare Rate an Anschlussinstabilitäten zeigt. Dies gilt offensichtlich auch für die von Auerbach et al. (2011) beschriebene vermehrte Beweglichkeit im Anschlusssegment nach einer Fusionsoperation. Die in der eigenen Untersuchung durchgeführte Bestimmung des Lordosewinkels der Halswirbelsäule ergab eine schwache Korrelation zwischen dem Auftreten von Anschlussdegenerationen und Gesamtlordosewinkel. Dieses Ergebnis deckt sich mit der Untersuchung von Katsuura et al. (2001), die als Ursachen für das Entstehen einer Anschlussdegeneration den Gesamtkyphosewinkel sowie den segmentalen Winkel angab. Die nachweisbare vermehrte, ventrale Belastung einer in kyphotischer Stellung eingestellten Halswirbelsäule geht mit einer erhöhten Rate an Anschlussdegenerationen einher.

Noch längere Untersuchungsintervalle müssen zeigen, ob sich bei einem Verfahrensvergleich trotz der zunächst in der Literatur günstigeren Ergebnisse für die Endoprothesenversorgung nicht vergleichbare Ergebnisse bestätigen. Die vorhandenen Literaturangaben lassen in der Regel keinen detaillierten Altersvergleich erkennen. In dieser Untersuchung ergaben sich die Anschlussdegenerationen bei den jüngeren Patienten unabhängig von der Wahl des operativen Verfahrens. Ältere Patienten mit schon existierender Degeneration werden in einem geringeren Umfang von einer Anschlussdegeneration betroffen sein.

### **III. Diskussion der Komplikationsrate mit der Literatur**

Bei der Beurteilung werden intraoperative (Gefäßverletzungen, Blutungen, fehlerhafte Positionierung, neurologische Komplikationen, iatrogene Frakturbildung) von postoperativen Komplikationen (Implantatmigration, Infektion, Dysphagie, Heiserkeit, Horner- Syndrom, verzögerte Einheilung oder Fusion mit nachfolgender Revisionsoperation) unterschieden.

In einer sehr frühen, nach 6 - 12 Wochen von Pradhan et al. (2006) untersuchten Patientengruppe ( $n_{ACDF} = 15$ ,  $n_{ProDisc\ C} = 33$ ) traten bei dem CDA mit 6% anhaltende Dysphagien und neue transiente Symptome (Kribbelparaesthesien, Paresen) am häufigsten auf, gefolgt mit jeweils 3% oberflächlichen Infektionen und einer Revisionsoperation. In der Fusionsgruppe bestanden am häufigsten neue transiente, neurologische Symptome (13,4%), gefolgt von Pseudarthrosen, anhaltenden Dysphagien, oberflächlichen Infektionen sowie einer Frequenz von Revisionsoperation mit jeweils 6,7%. Anderson et al. (2008) verglichen 463 Patienten mit ACDF bzw. CDA hinsichtlich der schwerwiegenden Komplikationen wie Pseudarthrosen, persistierender Symptome und Reoperationen in einer 24 - monatigen Follow - up - Studie. Die Anzahl der schwerwiegenden Komplikationen wird in der Fusionsgruppe als signifikant höher angegeben und führte zu einer höheren Rate an Reoperationen. Die FDA - Studie von Murray (2009) zeigte ebenfalls einen signifikanten Unterschied der Reoperationsrate (ACDF: 8,5%; CDA: 1,8%) und bestätigte damit die Angaben von Anderson et al. (2008). Die signifikant niedrige Reoperationsrate zeigte sich auch in der vorgelegten Studie.

Grob et al. (2010) unterteilten die aufgetretenen Komplikationen der 342 Patienten ( $n_{ACDF} = 269$ ,  $n_{CDA} = 73$ ) über einen Zeitraum von bis zu 24 Monaten in chirurgische und postoperative Komplikationen. 2,2% der fusionierten Patienten erlitten intra-/perioperativen Komplikationen (Nervenwurzelschädigung), während bei der Prothesenimplantation 1,9% chirurgische Komplikationen bestanden (Nervenwurzelschädigung, Blutung aus dem Spinalkanal). Postoperativ zeigten 26,1% der fusionierten Patienten und 19,9% der endoprothetisch versorgten Patienten Komplikationen wie sensible Störungen, neurologische transiente bzw. neu aufgetretene Probleme und Wundheilungsstörungen. In der 24 Monatskontrolle reduzierten sich die Werte auf 23% bei den fusionierten und 7% bei den endoprothetisch versorgten Patienten. In der von Jiang et al. (2011) durchgeführten Metaanalyse von randomisierten, kontrollierten Studien über symptomatische, monosegmentale Bandscheibenerkrankungen bestand bei 1745 Patienten bei der Verwendung cervikaler Endoprothesen nach zwei Jahren eine geringere Inzidenz für Komplikationen wie zum Beispiel postoperativ auftretender Dysphagien ( $p = 0,03$ ) und eine geringere Reoperationsrate auf Grund von Anschlussdegenerationen ( $p = 0,04$ ). Die vorliegenden Ergebnisse decken sich mit der Studie von Jiang et al. (2011).

Chen et al. (2013) untersuchten 1241 Patienten nach ACDF - Operationen im Zeitraum von 1995 - 2005 in Hinblick auf die Reoperationsrate bzw. das Outcome nach Revisionsoperation und das Auftreten von Anschlussdegenerationen nach. Als degenerative Anschlussenerkrankung wurde dabei das Auftreten einer Myelopathie oder Radikulopathie mit Korrelat der radiologischen Bildgebung im angrenzenden Segment bezeichnet. Als Anschlussdegeneration wurden symptomfreie, radiologische Veränderungen definiert, z.

B. Osteophyten, Facettgelenkshypertrophien, Spinalkanalstenosen, segmentale Hypertrophien und Bandscheibendegenerationen. Insgesamt waren die meisten Revisionsoperationen im Bereich C 3/4 und C 6/7 lokalisiert. Das Ergebnis nach Primär- bzw. Revisionsoperation unterschied sich nicht signifikant in Hinblick auf die VAS, die Japanese Orthopaedic Association Score (JOA) und die Odom's Kriterien. Im Vergleich zwischen mono- und bisegmentaler Versorgung wurde ebenfalls kein signifikanter Unterschied der postoperativen Ergebnisse (VAS, JOA, Auftreten von Anschlusskrankungen) nachgewiesen. Bei den bisegmentalen Operationen bestand eine erhöhte Rate von Dysphagien. Die Ergebnisse vom Chen et al. (2013) decken sich mit dieser Untersuchung in Hinblick auf die postoperative Verbesserung der Beschwerdesymptomatik und das Auftreten von Anschlusskrankungen/-degenerationen. In Hinblick auf die Reoperationsrate unterscheiden sich die Studien jedoch signifikant, da diese im Gegensatz zu Chen et al. (2013) in der vorgelegten Studie signifikant erhöht war.

In der FDA- Nachuntersuchung von Blumenthal et al. (2013) von 136 Patienten nach Fusions- (52 Patienten) bzw. Prothesenoperation (84 Patienten) wurden nach einer mittleren Nachuntersuchungszeit von 55,1 Monaten (24 - 98 Monate) eine signifikant niedrigere Reoperationsrate der Prothesenpatienten (8,3%) gegenüber den Fusionspatienten (21,2%,  $p = <0,05$ ) sowie eine signifikant längere Dauer des Intervalls bis zum Auftreten der Reoperation ( $p < 0,01$ ) nachgewiesen. Ein nichtsignifikanter Trend in Bezug auf das Auftreten von Anschlussdegenerationen wurde beschrieben (Prothese: 4,8% vs. Fusion 13,5%). Eine signifikant niedrigere Reoperationsrate zeigte sich ebenfalls in dieser Studie, allerdings zeigte sich kein signifikanter Unterschied bezüglich des Auftretens der Anschlussdegeneration/-erkrankung in Abhängigkeit des Behandlungsverfahrens. Im Gegensatz berichteten Zigler et al. (2013) in ihrer Studie über die 5 - Jahresergebnisse der ProDisc C bzw. ACDF bei einer monosegmentalen Operation (VAS; SF- 36; neurologischer Status etc.). Beide Gruppen zeigten eine signifikante Verbesserung der postoperativen Werte gegenüber den praeoperativen Werte, jedoch bestand nach fünf Jahren eine signifikant niedrigere Reoperationsrate der Patienten mit endoprothetischer Versorgung (ProDisc: 2,9%, ACDF: 11,3%). Die postoperative und behandlungsunabhängige Verbesserung beider Gruppen sowie die ebenfalls signifikant niedrigere Reoperationsrate decken sich mit den Ergebnissen dieser Studie.

Gao et al. (2013) beschrieben in einer vergleichenden Metaanalyse von insgesamt 27 Studien im Vergleich von Prothesen- und Fusionsoperationen eine kürzere Operationszeit und einen geringeren Blutverlust für die ACDF. Gruskay et al. (2014) untersuchten in ihrem retrospektiven Review Faktoren für eine längere Hospitalisationsdauer der Patienten nach ACDF sowie die Komplikationsrate nach ACDF nach 30 Tagen bei einer elektiven ACDF bei insgesamt 2164 Patienten im Zeitraum von 2005 - 2010. Bei einer mittleren

Verweildauer der Patienten bei 2 Tagen postoperativ wurden als prädiktive Faktoren für eine längere Verweildauer eine praeoperativ bestehende Anämie, Alter > 65 Jahre, Diabetes mellitus und der funktionelle Status nachgewiesen. Die mittlere Verweildauer verlängerte sich damit um 0,5 - 5 Tage. Prädisponierende Faktoren für eine Komplikation (Beinvenenthrombose, Sepsis, Tod, Herz-/Atemwegserkrankungen) waren ein ASA-Score > 3, eine praeoperativ bestehende Anämie, ein Alter > 65 Jahr, männliches Geschlecht und eine länger andauernde Operationsdauer. Nandyala et al. (2014) berichten in ihrer Studie über 141230 Patienten mit ACDF und 1830 Patienten mit CDA mit mono- oder bisegmentaler Versorgung in dem Zeitraum von 2002 - 2009 über die Komorbiditäten, das Auftreten von Komplikationen und der Aufenthaltsdauer. Nachgewiesen wurde, dass das höhere Alter der ACDF - Patienten und die erhöhten Komorbiditäten zu einem signifikant verlängerten postoperativen Krankenhausaufenthalt führen ( $p = < 0.001$ ), ohne dass eine signifikant höhere Komplikationsrate für ACDF – Patienten bestand ( $p = > 0,05$ ).

In der vorliegenden Studie wiesen die ACDF - Patienten absolut gesehen bei einer größeren Gruppengröße ebenfalls häufiger postoperative Komplikationen auf. In allen Gruppen fand sich ein Rückgang der absolut angegebenen Komplikationen über das gesamte Nachuntersuchungsintervall, der mit den Ergebnissen der Literatur übereinstimmt. Die Untersuchung der intra- bzw. postoperativen Komplikationen zeigt keine signifikante Korrelation zwischen dem Auftreten von Komplikationen und dem Behandlungsverfahren. In der ACDF - Gruppe wurde bei 6 Patienten (11,5%) eine Reoperation (Materialentfernung der implantierten Platte) innerhalb von zwei Jahren auf Grund einer bestehenden Dysphagie durchgeführt, während bei den Patienten mit Bryan Disc- oder ProDiscversorgung keine Reoperationen erfolgten.

Zusammenfassend hat die vorliegende Untersuchung die vorher aufgeführten Literaturangaben bestätigt. Mit der Bandscheibenendoprothetik lassen sich vergleichbare klinische Ergebnisse erzielen. Deutlich wird aber in Analogie zu anderen Autoren eine höhere Revisionsquote bei der Durchführung einer Fusionsoperation. Bei den eigenen Patienten erfolgten Reoperationen ausschließlich bei der Verwendung von ventralen Implantaten, deren Einsatz im Gegensatz zu den intradiskal platzierten Endoprothesen als Folge der nachweisbaren ventrale Raumforderung Dysphagien zur Folge haben können. Die in den letzten Jahren entwickelten Stand- alone- Cages sollen die Verwendung einer ventralen Platte überflüssig machen und damit zu einer Reduktion von implantatbedingten Dysphagien führen. Frühergebnisse scheinen dies zu bestätigen. Eine endgültige Beurteilung dieses neuen Verfahrens hinsichtlich der klinischen Wertigkeit und der Komplikation mit

denen in dieser Arbeit beschriebenen Methoden wird allerdings auch erst nach einer langjährigen Beobachtungszeit möglich sein.

#### **IV. Diskussion der Lebensqualität (SF- 12 ) mit der Literatur**

Halswirbelsäulenoperationen sollen zu einer Verbesserung der Lebensqualität sowie einer Reduktion der Einschränkung des alltäglichen Lebens durch die Schmerzen bzw. Bewegungseinschränkung führen. In der vorgelegten Untersuchung wurde zur Beurteilung der Lebensqualität der SF- 12 bei dem letzten Nachuntersuchungsintervall durchgeführt.

Es bestanden ein leicht reduzierter PCS (49,4) sowie ein überdurchschnittlicher MCS (54,8) gegenüber dem Durchschnitt bei allen Studienteilnehmern. Im Bonferroni - Mehrfachvergleich bestand kein signifikanter Unterschied bezüglich der beiden Prothesenmodelle (MCS:  $p= 0,187$ ; PCS:  $p= 1,0$ ), Bryan Disc und ACDF (PCS:  $p= 0,399$ ; MCS:  $p= 0,57$ ) sowie der ProDisc C und ACDF (PCS:  $p= 0,957$ ; MCS:  $p= 1,0$ ). Dies zeigt, dass nach Bandscheibenendoprothesenimplantationen bzw. nach Versteifungsoperation vergleichbare Einschränkungen des alltäglichen Lebens bestehen.

Vergleichbare Ergebnisse sind in der Literatur nachweisbar. So berichten Bhadra et al. (2009) über die Verbesserung der Lebensqualität, gemessen mit dem SF-12, nach (a) Fusion mit Platte und autologem Knochen, (b) Fusion mit Platte, Cage und autologem Knochen, (c) stand alone Cage und (d) Prothese nach der Behandlung von 60 Patienten, die praeoperativ sowie 28 - 43 Monate postoperativ untersucht wurden. Alle Gruppen zeigten eine Verbesserung des PCS (a:  $10 \rightarrow 16$  Punkte, b:  $12 \rightarrow 18$  Punkte, c:  $8 \rightarrow 14,5$  Punkte, d:  $10 \rightarrow 16$  Punkte) sowie eine deutliche Verbesserung des MCS (a:  $15 \rightarrow 24$  Punkte, b:  $14 \rightarrow 23$  Punkte, c:  $14 \rightarrow 23$  Punkte, d:  $15 \rightarrow 24$  Punkte), die als eine signifikante Verbesserung der Lebensqualität gewertet wurden. Duggal et al. (2007) beschrieben einen Aufwärtstrend bezüglich der Lebensqualität gemessen mit dem SF- 36 ohne Nachweis eines statistisch signifikanten Unterschiedes in Abhängigkeit der ursächlichen Pathologie in einer prospektiven Kohortenstudie mit 26 Patienten mit implantierter Bryan Disc.

Jiang et al. (2011) stellten eine höhere Prävalenz der CDA für die Verbesserung der neurologischen Symptomatik in ihrer Metaanalyse ohne signifikanten Unterschied des NDI sowie der Verbesserung der Arm- und Nackenschmerzsymptomatik fest. Der Vergleich von 190 Patienten (ACDF:  $n= 105$ ; CDA:  $n= 85$ ) zeigte nach 36 Monaten keine signifikanten Unterschiede bezüglich des Schmerzes und der Einschränkung der Halswirbelsäule, es traten häufiger degenerative Anschlusskrankungen/-degenerationen in der Fusions- als in der Prothesengruppe auf (ACDF:  $10,5\%$ ; CDA:  $8,8\%$ ) (Maldonado et al. 2011).

Die Ergebnisse dieser Studie decken sich mit den bisher publizierten Literaturangaben von Bhadra et al. 2009, Jiang et al. 2011 und Duggal et al. 2007. In allen Gruppen lässt

sich eine signifikante Verbesserung der Lebensqualität feststellen, allerdings ist diese nicht signifikant von den unterschiedlichen Behandlungsverfahren abhängig.

## **V. Diskussion der Einschränkung des Lebens (NDI) mit der Literatur**

Die Verbesserung nach Halswirbelsäulenoperationen wurde schon vielfach in der Literatur diskutiert. So geben Park et al. (2008) 12 Monate postoperativ bei 53 Patienten ( $n_{ACDF}=32$ ,  $n_{CDA}=21$ ) bei beiden Gruppen eine deutliche Reduktion des NDI von 23,5 praeoperativ auf 8,4 (12 Monate postoperativ) in der Fusionsgruppe und von 22,9 praeoperativ auf 10,1 (12 Monate postoperativ) in der Prothesengruppe ohne signifikanten Unterschied ( $p=0,522$ ) an. Vergleichbare Ergebnisse zeigen sich bei 103 Patienten ( $n_{Bryan\ Disc}=51$ ,  $n_{ACDF}=52$ ) mit einer Auswertung des NDI praeoperativ, direkt postoperativ und nach 12 - 40 Monaten bei beiden Gruppen, die eine deutliche Reduktion des NDI in Abhängigkeit des Zeitintervalls (Kim et al. 2009) aufwiesen. Dieses Ergebnis bestand unabhängig von einer mono- oder bisegmentalen Versorgung (Reduktion von 25,5 auf 7,2 ( $n=26$ ) bei monosegmentaler, Reduktion von 26,2 auf 8,0 ( $n=28$ ) bei bisegmentaler ACDF, Reduktion monosegmentale Bryan Disc ( $n=39$ ) von 25,3 auf 7,6, bisegmentale Operation ( $n=13$ ) von 26,4 auf 7,8). Es wurde kein signifikanter Unterschied zwischen den monosegmentalen ( $p=0,287$ ) bzw. den bisegmentalen Operationen ( $p=0,675$ ) beider Behandlungsverfahren nachgewiesen.

Cheng et al. (2009) kamen bei 65 randomisiert zugeteilten Patienten (Fusion vs. Bryan Disc) bei bisegmentalen Operationen (ACDF: praeoperativer NDI 51%, Bryan Disc: praeoperativer NDI 50%) nach zwei Jahren zu dem Ergebnis, dass sich der Wert signifikant reduzierte, es jedoch keinen Unterschied zwischen den beiden Gruppen gab (ACDF: 19%, BryanDisc: 11%,  $p=0,013$ ). Wang et al. (2011) berichteten nach einer Nachuntersuchung von 20 Patienten mit implantierter Bryan Disc über einen Zeitraum von zwei Jahren mit Untersuchung der Schmerzsymptomatik (VAS Arm, Nacken), Lebensqualität (SF-36) und Einschränkung durch die Halswirbelsäule (NDI) über eine signifikante Reduktion der Schmerzsymptomatik sowie eine Verbesserung der Ergebnisse des SF-36.

Yin et al. (2013) geben nach einer Metaanalyse von 13 Studien in Abhängigkeit von NDI, neurologischem Status, Komplikationen und der Reoperationsrate in einem Zeitraum von 1 - 5 Jahren an, dass die endoprothetische Versorgung einen nicht signifikanten postoperativen besseren NDI, neurologischen Status sowie eine erniedrigte Inzidenz von Reoperationen im Vergleich zur ACDF aufwies. Zusammenfassend wurde gefolgert, dass die Endoprothese ein besseres Outcome in Bezug auf NDI, neurologischen Status und der Inzidenz der Reoperationen bietet, jedoch die Reoperationsrate bezüglich von Anschlussdegenerationen der beiden Verfahren gleich ist.

Die Bestimmung des NDI in dieser Studie im Intervall VI ergab leicht differierende Werte im Bonferroni - Vergleich. Die absoluten Werte des NDI in Intervall VI differierten der einzelnen Gruppen leicht, jedoch nicht signifikant ( $p = >0,05$ ) und bestätigen die bisherigen Publikationen (Park et al. 2008, Kim et al. 2009, Cheng et al. 2009, Wang et al. 2011, Yin et al. 2013). Es lässt sich eine keine Einschränkung der Lebensqualität in Abhängigkeit des Behandlungsverfahrens feststellen.

## **VI. Diskussion des Auftretens von Anschlussdegenerationen in Abhängigkeit des Nikotinabusus mit der Literatur**

Kwiatkowski et al. (1984) beschrieben die vasokonstriktive Wirkung des Nikotins als ursächlich für eine nachfolgend erhöhte Rate an Wundheilungsstörungen und eine Niederregulation des Blutflusses in den Mikrozirkulationssystemen verbunden mit einem erhöhten Thromboserisiko durch die erhöhte Thrombozytenaggregation und die Wirkung der Cyanide des Nikotins sowie der Induktion von Osteoporose durch Aufbau einer relativen Calcitoninresistenz.

Glasmann et al. (2000) fanden bei 357 Patienten mit Lendenwirbelsäulenfusionen (Raucher  $n = 63$ , ehemalige Raucher bzw. partielle Nichtraucher  $n = 125$ , Nichtraucher  $n = 169$ ) einen signifikanten Unterschied der Fusionsrate von 85,8% bei den Nichtrauchern und von 73,5% bei den Rauchern ( $p = 0.05$ ). Auffallend war, dass bei den Patienten, die mehr als sechs Monate postoperativ keinen erneuten Nikotinabusus betrieben, ebenfalls eine Fusionsquote von 82,9% bestand. Ein ähnliches Ergebnis zeigte sich 2004 in der Zeitschrift *Bandolier extra*. In einer Nachuntersuchung von 288 Patienten nach einer spinalen Fusion, die in in zwei Gruppen unterteilt wurden (Gruppe 1: postoperativ NSAID Ketorolac  $n = 167$  Patienten, Gruppe 2: andere, nichtsteroidale Medikamente  $n = 121$  Patienten), wurde ebenfalls der Nikotinkonsum untersucht. Patienten ohne NSAID bzw. Nikotinabusus wiesen zu 2%, Patienten ohne NSAID, jedoch mit Tabakkonsum zu 7% eine Pseudarthrosebildung auf. Bei 10% der nichtrauchenden Patienten, die Ketorolac erhielten, konnte keine Fusion nachgewiesen werden sowie bei 25% der Patienten mit NSAID und Nikotinabusus. Es zeigte sich, dass der Nikotinkonsum zu einer nicht signifikanten Reduktion der Knochendichte führte. Zu vergleichbaren Schlüssen kamen Hilibrand et al. (2001). Sie untersuchten 190 Patienten bei einem Nachuntersuchungsintervall von 2 - 15 Jahren nach einer cervikalen Fusionsoperation (55 Raucher und 135 Nichtraucher). Bei insgesamt 76% der Patienten wurde eine solide, knöcherne Fusion erzielt, wobei ein signifikanter Unterschied zwischen Rauchern und Nichtrauchern (81%;  $p = 0,02$ ) bestand.

Im Gegensatz dazu berichten Luszczyc et al. (2013) nach einer Untersuchung des Einflusses von Nikotin auf die Fusionsrate nach ACDF bei Single- Level- Operationen bei insge-

samt 573 Patienten (Raucher: n= 156, Nichtraucher: n= 417, mittleres Follow - up: mind. 24 Monate) über keinen signifikanten Unterschied der Fusionsraten ( $p= 0,867$ ). Patel et al. (2013) kamen in ihrem systematischen Review von insgesamt 17 verschiedenen Studien hingegen zu dem Schluss, dass der Tabakkonsum einen negativen, verzögerten Einfluss auf die Knochenheilung hat und empfahlen eine spezielle Aufklärung der Raucher im Hinblick auf die verzögerte Knochenheilung. Bydon et al. (2014) widersprechen der Aussage von Patel et al. Sie untersuchten 281 Patienten nach Single- und Bilevel- Versorgung an der Lendenwirbelsäule über einen mittleren Zeitraum von 53.5 Monaten nach und unterteilten dabei die Teilnehmer in Raucher und Nichtraucher. Es zeigte sich in allen vier Gruppen kein signifikant unterschiedliches, perioperativ erhöhtes Risiko an Komplikationen ( $p= >0,05$ ), jedoch konnte belegt werden, dass Raucher mit einer Bilevel- Versorgung ein um 29,2% signifikantes höheres Risiko einer Pseudoarthrosenbildung haben ( $p= 0,019$ ).

Die vorgelegte Untersuchung bestätigt den negativen Einfluß des Nikotins (Glasmann et al. 2000 Hilibrand et al. 2001, Patel et al. 2013) und damit den überwiegende Anteil der bisherigen Literaturangaben. Es bestand eine schwache, aber signifikante Korrelation zwischen Nikotinkonsum und dem Auftreten einer Anschlussdegeneration/-erkrankungen (Pearson - Korrelationskoeffizient: 0,26;  $p = 0.034$ ).

## **VII. Limitationen der Studie**

Wie in jeder Untersuchung finden sich auch in der vorgelegten Arbeit Limitationen. So konnte das numerische Patientenkollektiv bei der Nachuntersuchung nicht erreicht werden (Nachuntersuchungsrate: 59,8%). Dies ist u.a. auf die Entfernung des Wohnortes zum Krankenhaus eines nicht unerheblichen Teils der Patientengruppe zurückzuführen. 27 (24,1 %) der Patienten wohnten in einem Abstand von mehr als 200 km Entfernung zur Klinik. Das lange Nachuntersuchungszeitintervall zwischen der Operation von 5 - 11,5 Jahren hat weiter zur Folge, dass auf Grund natürlicher Parameter wie Migration, Krankheit, Tod oder mangelnde Einwilligung nicht alle Patienten erreicht werden konnten. Bei der telefonischen Kontaktaufnahme gaben zwei Patienten Schmerzfreiheit an. Ein Patient berichtete über eine geringe Schmerzsymptomatik im Nackenbereich. Eine Patientin beschrieb ihre Gesamtsituation auf Grund der Lebensumstände als schlecht (Depressionen, Arbeitslosigkeit, Schmerzen). Ein Patient gab eine mittlere, jedoch erträgliche Schmerzsymptomatik an. In anderen publizierten Dissertationen ergab sich ebenfalls, dass die Nachuntersuchungsquote mit dem Abstand zur Behandlung abnimmt. (s. Tab. 11):

Name	Dissertationsthema (Jahr)	Nachuntersuchungszeitraum	Rückläuferquote
Magdalena Jakob	Spätergebnisse der AC – Gelenksluxation eine Rückläuferquote (2009)	sechs Monaten	71,4%
Christian Müller	Hallux – valgus – Deformität (2006)	40 Monaten	55,9 %
Viola Vordenbäumen	Nachuntersuchung der extraluminale Valvuloplastie bei Stamminuffizienz der Vena saphena magna (2007)	8,6 (+/- 1 Jahr)	54,5 %
Maja Kondic	Retrospektive Analyse vaskulärer Anomalien mit besonderer Berücksichtigung der Kopf-Hals - Region. Review und Nachuntersuchung von 1989 - 2009  (2009)	max. 10 Jahre	40,7%

Tabelle 11: Darstellung der Rückläuferquote nach mittleren Nachuntersuchungszeiträumen verschiedener Dissertationen

Zu Beginn der Nachuntersuchung wurden nicht alle klinischen Angaben (VAS, NDI, SF-12) erfasst. Die zum Zeitpunkt der letzten Nachuntersuchung ermittelten klinischen Parameter decken sich mit den Angaben anderer Studien (Duggal et al. 2007, Park et al. 2008, Bhadra et al. 2009, Kim et al. 2009, Wang et al. 2011, Yin et al. 2013). Die ermittelten Resultate hinsichtlich des Gesamtausganges der Untersuchung sind absolut vergleichbar zu den Ergebnissen anderer Publikationen.

Die standardisierte radiologische Diagnostik während des gesamten Nachuntersuchungsintervalls mit prae- und postoperativen Röntgenbildern und MRT - Untersuchungen in nur einer Institution gestattet eine exakte Feststellung der dargestellten, radiologischen Parameter. Der intraindividuelle Vergleich der prae- und postoperativen Röntgenbilder schließt technikbedingte Auswertungsfehler aus, so dass die getroffenen Aussagen eine hohe Validität und Reliabilität ohne systematischen Beurteilungsfehler besitzen.

Die geschlechtliche Gleichverteilung innerhalb der Untersuchungsgruppen führt zu einer hohen Homogenität innerhalb des Gesamtkollektivs und gestattet eine ausgezeichnete Vergleichbarkeit und Übertragung auf die Allgemeinbevölkerung.

Der lange Nachuntersuchungszeitraum wurde bisher von keiner anderen Studie erreicht worden. Er erlaubt eine sehr gute Aussage über die vergleichenden Ergebnisse der vorgestellten, konkurrierenden Verfahren, die bisher im Langzeitverlauf noch nicht publiziert wurde. Ebenso wurde der Vielzahl der untersuchten Parameter noch nicht in dieser Form dargestellt. Der Wert eines längeren Beobachtungszeitraumes und die Beschränkung von Aussagen nach kurzen Beobachtungszeiträumen werden durch diese Studie in hohem Maß bestätigt.

Die dargestellten statistischen Beurteilungen der ermittelten Ergebnisse erfolgte durch einen unabhängigen Statistiker. Sie unterliegen damit nicht dem Einfluss der Autorin, sondern garantieren eine untersucherunabhängige, objektive Darstellung der Resultate.

## 5) Zusammenfassung

Im Mittel 7,6 Jahre nach einer Operation an der Halswirbelsäule wurde bei 37,1% der Patienten eine Anschlussdegeneration festgestellt, ohne dass eine Korrelation zwischen dem Auftreten von Anschlussdegenerationen und den angewendeten Behandlungsverfahren bestand. Noch längere Nachuntersuchungsintervalle werden zeigen, ob sich bei einem Verfahrenvergleich trotz der im Kurzzeitverlauf beschriebenen günstigeren Ergebnisse für die Endoprothesenversorgung nicht eine Angleichung ergibt. In den bestehenden Literaturangaben ist kein zuverlässiger Altersvergleich aufgeführt. In dieser Untersuchung ergaben sich die Anschlussdegenerationen bei den jüngeren Patienten. Ältere Patienten, die ihre Degeneration schon erlebt haben, werden in einem geringeren Umfang eine Anschlussdegeneration erleben.

Offensichtlich beeinflusst die postoperative Einstellung der Halswirbelsäule die Entwicklung einer Degeneration. Die eigene Bestimmung des Lordosewinkels der Halswirbelsäule (C2 - 7) sowie des segmentalen Winkels ergab bei Patienten mit Anschlussdegeneration eine Reduktion des Gesamtwinkels und des segmentalen Winkel, wobei eine schwache Korrelation bestand.

Die ACDF- Patienten wiesen absolut gesehen eine höhere Anzahl an postoperativen Komplikationen als die Patienten mit einer endoprothetischen Versorgung auf. Die Betrachtung von intra- bzw. postoperativen Komplikationen lässt keine signifikante Korrelation im Vergleich der Behandlungsverfahren erkennen. Allerdings bestand bei den fusionierten Patienten eine Reoperationsquote von 11,5%, die auf Grund von postoperativ aufgetretenen Dysphagien notwendig war. Bei den Endoprothesenpatienten waren keine Reoperationen notwendig. Inwieweit die inzwischen erfolgte Entwicklung von Stand-alone- Cages zu in dieser Studie vergleichbaren Ergebnissen führt, wird nach Langzeitbeobachtungen beurteilt werden können.

Die Untersuchung der Lebensqualität (SF- 12) und des NDI bei dem letzten Nachuntersuchungsintervall ergaben keinen signifikanten Unterschied. Es bestand eine schwache, jedoch signifikante Korrelation zwischen Nikotinkonsum und dem Auftreten einer Anschlussdegeneration.

Zusammenfassend hat diese Studie gezeigt, dass die Versorgung der Halswirbelsäule mit der Bandscheibenendoprothese nach einem Beobachtungszeitraum von 7,6 Jahren im Vergleich zur Fusionsoperation nicht zu einer Reduktion der Zahl an Anschlussinstabilitäten geführt hat. Dies steht im Widerspruch zu den Ergebnissen in der Literatur nach kürzeren Beobachtungszeiträumen. Ein Einflussfaktor für die Entstehung einer Anschlussin-

Stabilität ist die postoperative, sagittale Einstellung der Halswirbelsäule, wie die höhere Quote an Anschlussinstabilitäten bei kyphotisch nachweisbaren Wirbelsäuleneinstellungen zeigt. Bestätigt wurde der negative Einfluss des Nikotinkonsums. Vorteile der Bandscheibenendoprothetik sind die geringere Komplikationsquote und die reduzierte Revisionsrate.

## 6) Literaturverzeichnis

1. Anderson PA, Rouleau JP, Bryan VE, Carlson CS: *Wear Analysis of the Bryan Cervical Disc Prosthesis*.  
Spine 2003; 28(20S): 186-194
2. Anderson PA, Sasso RC, Riew KD: *Comparison of adverse events between the Bryan artificial cervical disc and anterior cervical arthrodesis*  
Spine 2008; 33(12): 1305-1312
3. Bailey und Bagdley RW, Badgley C: *Stabilization of the cervical spine by anterior fusion*  
J Bone Joint Surg 1960; 42: 565-594
4. Beaurain J; Bernard P; Dufour T; Fuentes JM; Hovorka I; Huppert J; Steib JP; Vital JM; Aubourg L; Vila T: *Intermediate clinical and radiological results of cervical TDR (Mobi – C) with up to 2 years follow – up*  
Eur Spine J (2009) 18:841-850
5. Bandolier Extra. NSAIDs, coxibs, smoking and bone. 2004 Mar.  
<http://www.medicine.ox.ac.uk/bandolier/booth/painpag/wisdom/NSB.pdf>. Accessed 2010 Sep 24
6. Bertagnoli R, Yue J, Pfeiffer F, Fenk- Meyer A, Lawrence J, Kershaw T, Nanieva R: *Early results after ProDisc- C disc replacement*  
J Neurosurg: Spine 2005; 403-410
7. Bertagnoli R, Duggal N, Pickett GE, Wigfield C, Gill S, Karg A, Voigt S: *Cervical Total Disc Replacement, Part Two: Clinical Results*  
Orthop Clin N AM 36 (2005) 355-362
8. Bhadra AK, Raman AS, Casey ATH, Crwaford RJ: *Single- level cervical radiculopathy: clinical outcome and cost- effectiveness of four techniques of anterior cervical disectomy and fusion and disc arthroplasty*  
Eur Spine J 2009; 18:232- 237
9. Blumenthal SL, Ohnmeiss DD, Guyer RD, Zigler JE: *Reoperations in cervical total disc replacement compared with anterior cervical fusion: results compiled*

*from multiple prospective Food and Drug Administration investigational device exemption trials conducted at a single site*

Spine 2013; 38 (14): 1177-1182

10. Brooke NS, Rorke AW, King AT, Gullan RW : *Preliminary experience of carbon fibre cage prostheses for treatment of cervical spine disorders*  
Br J Neurosurg 1997; (11): 221-227
11. Brodsky AE, Khalil MA, Sassard WR, Newman BP: *Repair of symptomatic pseudarthrosis of anterior cervical fusion, Posterior versus anterior repair*  
Spine 1992; 17:1137- 1143
12. Buttner-Janzen K, Schellnack K, Zippel H, Conrad P: *Erfahrungen und Ergebnisse mit der SB Charité Lumbalen Intervertebralen Endoprothese.*  
Z. klin. Medizin 1988; 43(20): 1785-1789
13. Bydon M, De la Garza-Ramos R, Abt NB, Gokaslan ZL, Wolinsky JP, Sciubba DM, Bydon A, Witham TF: *Impact of Smoking on Complication and Pseudarthrosis Rates After Single- and 2-Level Posterolateral Fusion of the Lumbar Spine*  
Spine 2014; 39 (21): 1765–1770; doi: 10.1097/BRS.0000000000000527
14. Caspar W, Barbier D, Klara PM: *Anterior cervical fusion and Caspar plate stabilization for cervical trauma*  
Neurosurgery 1989; 25: 491- 502
15. Caspar W, Geisler FH, Pitzen T, Johnson TA: *Anterior cervical plate stabilization in one- and two- level degenerative disease: overtreatment or benefit?*  
J Spin Disord 1989; 11:1-11
16. Chang UK, Kim DH, Lee MC, Willenberg R, Kim SH, Lim J: *Range of motion change after cervical arthroplasty with ProDisc – C and Prestige artificial discs compared with anterior cervical discectomy and fusion*  
Journal of Neurosurgery 2007; 7 (1): 40-46
17. Chau AMT, Mobbs RJ: *Bone graft substitutes in anterior cervical discectomy and fusion*  
Euro Spine J 2009; 18: 449- 464

18. Chen Y, Zhimin H, Yang H, Liu X, Wang X, Xhen D: *Anterior cervical discectomy and fusion for adjacent segment disease*  
Orthop 2013, 36 (4): 501-508
  
19. Cleveland DA: *The use of methylacrylic for spinal stabilization after disc operations.*  
Marquette med. Rev. 1955; 20: 62-64  
zit. n. Fernström U: *Arthroplasty with intercorporeal endoprosthesis in herniated disc and in painful disc.*
  
20. Cloward RB: *The anterior approach for removal of ruptured cervical disks*  
J Neurosurg 1958; 15:602-617
  
21. Cobb JR.: *Outline for the study of scoliosis. Instructional course lectures. American Academy of Orthopaedic Surgeons 1948;5:261.*
  
22. Coric D, Kim PK, Clemente JD, Bolters MO, Nussbaum M, James S: *Prospective randomized study of cervical arthroplasty and anterior cervical discectomy and fusion with long – term follow – up: results in 74 patients from a single site*  
J Neurosurg Spine 2013; 18: 36 – 42
  
23. Cummins BH, Robertson JT, Gill SS: *Surgical Experience with an Implanted Artificial Cervical Joint.*  
J Neurosurg 1998; 88: 943-948  
zit. n. Smith HE, Wimberley DW, Vaccaro AR: *Cervical Arthroplasty: Material Properties.*
  
24. Davis RJ, Kim KD, Hisey MS, Hoffmann GA, Bae HW, Gaede SE, Rashbaum RF, Nunley PD, Peterson DL, Stokes JK: *Cervial total disc replacement with the Mobi – C cervical artificial disc compared with anterior cervical discectomy and fusion for treatment of 2 – level symptomatic degenerative disc disease: a prospective randomized and controlled multicenter clinical trial*  
J Neurosurg Spine 2013; 19: 532 – 545

25. Delamarter RB, Pradhan BB: *Indications for cervical spine prostheses, early experience with Pro- Disc- C in the USA*  
Spine Art 2004, 1:7
  
26. Di Angelo DJ, Foley KT: *Anterior cervical plating reverses load transfer through multi-level strut- crafts*  
Spine 2000; 25: 783- 795
  
27. Diemer Frank, Sutor Volker- Praxis der medizinischen Trainingstherapie.  
Bd.1 Lendenwirbelsäule, Sakroiliakalgelenk und untere Extremität  
2., überarb. Aufl. X, 2011;  
Thieme, Stuttgart  
ISBN 3-13-139982-1; ISBN 978-3-13-139982-3
  
28. Elsayaf A, Mastronardi L, Roperto R, Bozzao A, Caroli M, Ferrante L: *Effect of cervical dynamics on adjacent segment degeneration after anterior cervical fusion with cages*  
Neurosurg Rev 2009; 32:215-224
  
29. Fernström U: *Arthroplasty with Intercorporal Endoprosthesis in Herniated Disc and in Painful Disc.*  
Acta Chir Scand 1966; Suppl 375: 154-158
  
30. Firsching, R, Jöllenbeck B, Hahne R: *Zervikale Bandscheibenprothesen*  
Dtsch. Ärzteblatt 2005; 102: A2178-2180
  
31. Floyd T, Ohnmeiss D: *A meta-analysis of autograft versus allograft in anterior cervical fusion.*  
Eur. Spine J. 2000; 9: 398-403.
  
32. Fritsch EW, Pitzen T: *Cervical disc prostheses*  
Orthopade. 2006 Mar;35(3):347-59
  
33. Fowler BL, Dall BE, Rowe DE: *Complications associated with harvesting autogenous iliac bone graft.*  
Am. J. Orthop. 1995; 24: 895-903.

34. Gao Y, Liu M, Huang F, Tang T, Xiang Z: *A meta-analysis comparing the results of cervical disc arthroplasty with anterior cervical discectomy and fusion (ACDF) for the treatment of symptomatic cervical disease*  
J Bone Joint Surg Am: 2013; 95 (6); 555-61
  
35. Garrido BJ, Wilhite J, Nakano M, Crawford C, Baldus C, Riew KD, Sasso RC: *Adjacent- level cervical ossification after Bryan cervical disc arthroplasty compared with anterior cervical discectomy and fusion*  
J Bone Joint Surg 2011; 93(13): 1185-1189
  
36. Geisler FH, Caspar W, Pitzen T, Johnson TA: *Reoperation in patients after anterior cervical plate stabilization in degenerative disease*  
Spine 1998; 23:911-920
  
37. Glasmann SD, Anagost SC, Parker A, Burke D, Johnson JR, Dimar, JR: *The Impact of Cigarette Smoking and Smoking Cessation on Spinal Fusion*  
Spine 2000; 25(20): 2608- 2615
  
38. Goffin J, Casey A, Kehr P, Liebig K, Lind B, Logroscino C, Pointillart V, Van Calenbergh F, van Loon J: *Preliminary Clinical Experience with the Bryan Cervical Disc Prosthesis.*  
Neurosurgery 2002; 51: 840-847
  
39. Goffin J, Van Calenbergh F, van Loon J, Casey A, Kehr P, Liebig K, Lind B, Logroscino C, Sgrambiglia R, Pointillart V: *Intermediate Follo-up After Treatment of Degenerative Disc Disease with the Bryan Cervical Disc Prosthesis: Single-Level and Bi-Level.*  
Spine 2003; 28(24): 2673-2678
  
40. Grimmer A, Wurm G: *Chirurgische Strategien bei Bandscheibenvorfällen an der Halswirbelsäule*  
J Neurol Neurochir Psychiatr 2011:12(1)
  
41. Grote W, Bettag W, Wüllenweber R: *Indikation, Technik und Ergebnisse cervicaler Fusionen.*  
Acta Neurochir 1970; 22: 1-27

42. Gruskay JA, Fu M, Basques B, Bohl DD, Buerba R, Webb ML, Jonathan N: *Factors affecting Length of stay and complications following elective anterior cervical discectomy and fusion: a study of 2164 patients from the American College of Surgeons National Surgical Quality Improvement Project Database (ACS NSQIP)*  
Journal of Spinal Disorders and Techniques 2014  
doi: 10.1097/BSD.000000000000080
43. Guyer D, Ohnmeiss DD: *Intervertebral disc prosthesis.*  
Spine 2003; 18(15S): 15-23
44. Hacker, Robert J.; Cauthen, Joseph C.; Gilbert, Thomas J.; More: *A Prospective Randomized Multicenter Clinical Evaluation of an Anterior Cervical Fusion Cage*  
Spine. 25(20):2646-2655, October 15, 2000.
45. Hamby WB, Glaser HT: *Replacement of Spinal Intervertebral Discs with Locally Polymerizing Methyl Methacrylate.* J. Neurosurg 1959; 16: 311 zit. n. Fernström U: *Arthroplasty with Intercorporal Endoprosthesis in Herniated Disc and in Painful Disc.*  
Acta Chir Scand 1966; Suppl 375: 154-158
46. Hilibrand AS, Fye MA, Emery SE, Palumbo MA, Bohlman HH: *Impact of Smoking on the Outcome of Anterior Cervical Arthrodesis with Interbody or Strut- Grafting*  
J Bone Joint Surgery 2001; 83 – A: 668 – 673
47. Hilibrand AS, Carlson GD, Palumbo MA, Jones PK, Bohlmann HH: *Radiculopathy and myelopathy at segments adjacent to the site of a previous anterior cervical arthrodesis*  
J Bone Joint Surg 1999; 81 (4): 519-528
48. Park JH, Roh KH, Cho JY, Ra YS, Rhim SC, NSW: *Comparative Analysis of Cervical Arthroplasty Using Mobi – C and Anterior Cervical Discectomy and Fusion Using Solis – Cage*  
J Korean Neurosurg Soc 2008, 44: 217-221

49. Jakob, Antonie Magdalena: *Spätergebnisse nach operative Versorgung der akuten, kompletten AC – Gelenkluxation mittels Doppelung der Trapezoidal-faszie und temporärer Gelenksfixation durch einen zentral geführten Kirschnerdraht*  
Inaugural – Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades der Medizin der Medizinischen Fakultät Regensburg  
2009
50. Jaramillo- de la Torre JJ, Grauer JN, Yue JJ: *Update on cervical disc arthroplasty: where are we and where are we going?*  
Curr Rev Musculoskelet Med 2008; 1: 124- 130
51. Javid D, Hedlund R, Vavruch L, Leszniewski W.: *Is the efficacy of the Cloward procedure overestimated? Technique of evaluation affects the outcome.*  
Eur Spine J 2001;10:222-7
52. Jiang H, Zezhang Z, Qiu Y, Qian B, Qiu X, Ji M: *Cervical disc arthroplasty versus fusion for single-level symptomatic cervical disc disease: a meta-analysis of randomized controlled trials*  
Arch Orthop Trauma Surg (2012) 132:141–151 DOI 10.1007/s00402-011-1401-7
53. Katsuura A, Hukuda S, Saruhashi Y, Mori K: *Kyphotic malalignment after anterior cervical fusion is one of the factors promoting the degenerative process in adjacent intervertebral levels*  
Eur Spine J (2001) 10 : 320–324
54. Kwiatkowski TC, Hanley EN, Ramp WK: *Cigarette Smoking and Its Orthopedic Consequences*  
Am J Orthop 1996;25:590–7
55. Kim HK, Kim MH, Cho DS, Kim SH: *Surgical Outcome of cervical arthroplasty using Bryan Disc*  
J Korean Neurosurg Soc 2009; 46: 532-537
56. Kim SW, Limson MA, Kim SB, Arbatin JJF, Chang KY, Park MS, Shin JH, Ju YS: *Comparison of radiographic changes after ACDF versus Bryan Disc arthroplasty in single and bi-level cases*

Eur Spine J 2009; 18: 218- 231

57. Kondic, Maja: *Retrospektive Nachuntersuchung vaskulärer Anomalien mit besonderer Berücksichtigung der Kopf – Hals – Region, Review und Nachuntersuchung von 1989 – 2009*  
Diplomarbeit zur Erlangung des akademischen Grades Doktorin der gesamten Heilkunde (Dr. med. Univ.) an der Medizinischen Universität Graz, 2011
58. Kraemer P, Fehlings MG, Hashimoto R, Lee MJ, Anderson PA, Chapman JR, Raich A, Norvell DC: *A systematic review of definitions and classification systems of adjacent segment pathology*  
Spine 2012; 37: 31-39
59. Le H, Thongtrangan I, Kim DH: *Historical Review of Cervical Arthroplasty.*  
Neurosurg Focus 2004 ; 17(3): E1
60. Levin DA, Hale JJ, Bendo JA: *Adjacent segment degeneration following spinal fusion for degenerative disc disease*  
Bulletin of the NYU Hospital for Joint Diseases Publishers 2007; 65(1)
61. Loder, R. T.: *The Sagittal Profile of the Cervical and Lumbosacral Spine in Scheuermann's Thoracic Kyphosis.*  
J. Spin. Disorders 2001; 14(3):226-231
62. Luszczyc M, Smith JS, Fischgrund JS, Ludwig SC, Sasso RC, Shaffrey CI, Vaccaro AR: *Does smoking have an impact on fusion rate in a single – level anterior cervical discectomy and fusion with allograft and rigid plate fixation? Clinical article*  
J Neurosurg Spine 2013; 19 (5): 527 - 31
63. Maldonado CV, Paz RDR, Martin CB: *Adjacent- level degeneration after cervical disc arthroplasty versus fusion*  
Eur Spine J 2011; 20(3): 403-407
64. Marnay T: *Lumbar disc arthroplasty, 8-10 year results using titanium plates with a polyethylene inlay component.* Presented at the annual meeting of the

American Academy of Orthopedic Surgeons, San Fransisco, California, USA, 2001

zit. n. Guyer RD, Ohnmeiss DD: *Intervertebral disc prosthesis.*

Spine 2003; 28(15): 15-23

65. Mixer WJ, Barr JS: *Rupture of the intervertebral disc with involvement of the spinal cord*  
N Engl J Med, 1934, 211: 210 – 215
66. Mobbs, RJ, Rao P, Chandran N: *Anterior cervical disectomy and fusion: analysis of surgical outcome with and without plating*  
Journal of Clinical Neurosciene 14 (2007), 639- 642
67. Müller, Christian: *Die Hallux – valgus – Deformität und ihre Behandlung mit der Austin – Osteotomie, Ergebnisse einer klinischen Nachunteruntersuchung*  
Dissertation zum Erwerb des Doktorgrades der Medizin an der Medizinischen Fakultät der Ludwigs – Maximilians – Universität zu München
68. Murrey D, Janssen ME, Delamarter RB, Goldstein JA, Zigler JE, Tay B, Darden BV: *5- Year Results of the prospective, randomized, multi- center FDA Investigational Device Exemption (DIE) ProDisc- C total disc replacement versus anterior disectomy and fusion fort he treatment of 1- level symptomatic cervical disc disease*  
Spine J. 2009; 9: 275-286
69. Nabhan A, Ahlhelm F, Pitzen T, Steudel WI, Jung J, Shariat K, Steimer O, Bachelier F, Pape D: *Disc replacement using Pro-Disc C versus fusion: a prospective randomised and controlled radiographic and clinical study*  
Eur Spine J 2007; 16: 423- 430
70. Nachemson A, Morris JM: *In vivo measurements of intradiscal pressure.*  
J Bone Joint Surg 1964; 46; 1077-1092
71. Nachemson A: *Challenge of the Artificial Disc. Clinical Efficacy and Outcome in the Diagnosis and Treatment of Low Back Pain.* Raven Press, Ltd., New York 1992: 271-278

72. Nandyala SV, Marquez – Lara A, Fineberg SJ, Singh K: *Comparison between cervical total disc replacement and anterior cervical discectomy and fusion of 1 to 2 levels from 2002 to 2009*  
Spine 2014; 39 (1): 53 – 57
73. Nunley PD, Jawahar A, Cavanaugh DA, Gordon CR, Kerr EJ 3<sup>rd</sup>, Utter PA: *Symptomatic adjacent segment disease after cervical total disc replacement: re – examining the clinical and radiological evidence with established criteria*  
Spine J 2013, 13 (1): 5-12
74. Orozco R D, Llovet J T: *Osteosintesis en las fracturas de raquis cervical*  
Nota de tecnica Revista de Ortopedia y Traumatologia 1970; 14: 285-288
75. Orr RD, Postak PD, Rosca M, Greenwald S: *The current state of cervical and lumbar disc arthroplasty*  
J Bone Joint Surg 2007, 89: 70-75
76. Park JY, Zhan HY, Oh MC: *New technical Tip for anterior Cervical Plating: Make Hole first and Choose the Proper Plate Size later*  
J Korean Neurosurg Sco 2011; 49: 212-216
77. Parke WW. : *Correlative anatomy of cervical spondylotic myelopathy.*  
Spine 13, 831-837, 1988
78. Patel RA, Wilson RF, Patel PA, Palmer RM: *The effect of smoking on bone healing*  
BJR 2013; 2: 102- 11
79. Pimenta L†; McAfee PC; Cappuccino A; Cunningham BW; Diaz R†; Coutinho E†: *Superiority of Multilevel Cervical Arthroplasty Outcomes Versus Single-Level Outcomes: 229 Consecutive PCM Prostheses*  
Spine 2007, 32 (12): 1337- 1344  
doi: 10.1097/BRS.0b013e318059af12
80. Pitzen T, Geisler FH, Matthis D, Müller-Storz H, Pedersen K, Steudel WI.: *The influence of cancellous bone density on load sharing in human lumbar spine: a comparison between an intact and a surgically altered motion segment.*  
Eur Spine J. 2001 Feb;10(1):23-29

81. Pitzen T, Kettler A, Drumm J, Nabhan A, Steudel WI, Claes L, Wilke HJ: *Cervical spine disc prosthesis: radiographic, biomechanical and morphological post mortal findings 12 weeks after implantation. A retrieval example*  
Eur Spine J 2007; 16:1015- 1020
82. Pradhan BB, Delamarter RB, Bae HW et al: *2- to 3- Year Results with the ProDisc- C- Cervical Disc Replacement from the US Clinical Trials*  
*North American Spine Society anual meeting, Seattle, WA, 2006*
83. Pointillart V: *Cervical Disc Prosthesis in Humans.*  
Spine 2001; 26(5): 90-92
84. Qureshi SA, McAnany S, Goz V, Koehler SM, Hecht AC: *Cost-effectiveness analysis: comparing single-level cervical disc disease replacement and single-level anterior cervical discectomy and fusion- clinical article*  
J Neurosurgery 2013, 19 (5): 546-554
85. Robert Koch – Institut (Hrsg) (2012) *Rückenschmerzen*  
Gesundheitsberichterstattung des Bundes. Heft 53. RKI, Berlin
86. Robinson RA, Smith GW: *Anterolateral cervical disc removal and interbody fusion for cervical disc syndrome*  
Bull Johns Hopkins Hosp 1955; 96: 223-224
87. Robinson RA, Walker AE, Ferlic DC, Wieking DK: *The results of anterior interbody fusion of the cervical spine*  
J Bone Joint Surg 1962; 44: 1569- 1587
88. Rössler H, Rütger W: *Orthopädie. 17.Auflage* Urban & Schwarzenberg, München, Wien, Baltimore, 1997
89. Ryu WH, Kowalczyk I, Duggal N: *Long-term kinematic analysis of cervical spine after single-level implantation of Bryan disc cervical prosthesis*  
Spine J 2013; 13 (6): 628-34
90. Salame K, Ouaknine G, Razon N, Rochkind S: *The use of carbon fibre cages*

*in anterior cervical interbody fusion. Report of 100 cases.*  
Neurosurg Focus 12: 1-5 (2002)

91. Sasso RC, Anderson PA, Riew KD, Heller JG: *Results of cervical arthroplasty compared with anterior discectomy and fusion: four-year clinical outcomes in a prospective, randomized controlled trial.*  
J Bone Joint Surg Am. 2011; 93(18):1684-1692.
92. Schröder J: *PMMA in anterior cervical spine surgery- current situation in surgery*  
Zentralbl Neurochir 2001; 62: 33- 36
93. Sekhon L: *Artificial Disc Placement for Spondylotic Cervical Myelopathy.*  
www.spineuniverse.com, 2004
94. Shad A, Leach JC, Teddy PJ, Cadoux-Hudson TA.: *Use of the Solis cage and local autologous bone graft for anterior cervical discectomy and fusion: early technical experience.*  
J Neurosurg Spine 2005;2:116-22.
95. Simmons EH: *Anterior Cervical Discectomy and Fusion (summary)*  
Proc. Roy. Soc. Med. 1970; 63
96. Simmons EH, Bhalla SK: *Anterior cervical discectomy and fusion: a clinical and biomechanical study with eight years follow- up*  
J Bone Joint Surg 1969; 51: 225- 237
97. Sing K, Philips FM, Park DK, Pelton MA, An HS, Goldberg EJ: *Factors affecting reoperations after anterior cervical discectomy and fusion within and outside of a Federal Drug Administration investigational device exemption cervical disc replacement trial*  
The Spine Journal 2012; 12: 372- 378
98. Smith GW, Robinson RA: *The treatment of certain cervical spine disorders by anterior removal of the intervertebral disc and interbody fusion*  
J Bone Joint Surg 1958; 40- A: 607- 624

99. Smith MJ, Wright V: *Sciatica and the intervertebral disc*  
J Bone Joint Surg 1958; 40-A: 1401- 1418
100. Stulik J, Pitzen TR, Chrobok J, Ruffing S, Drumm J, Sova L, Kuccera R, Vyskocil T, Steudel WI: *Fusion and failure following anterior cervical plating with dynamic and rigid plates: 6- month results of a multi- centric, prospective, randomized, controlled study*  
Eur Spine J 2007; 16: 1689- 1694
101. Takayasu M, Hara M, Suzuki Y, Yoshida J: *Anterior cervical decompression and fusion for cervical spondylosis using vertebral grafts obtained from the fusion site. Technical advantages and follow-up results.*  
Acta Neurochir (Wien) 140: 1249-1255 (1998)
102. Trattng S, Kramer J, et al. : *Bildgebende Diagnostik nach spinaler Diskushernienoperation*  
Radiologie 1993; 33: 573. 580
103. Vavruch L, Hedlund R, Javid D, Leszniewski W, Shalabi A.: *A prospective randomized comparison between the cloward procedure and a carbon fiber cage in the cervical spine: a clinical and radiologic study.*  
Spine 2002;27:1694-701.
104. Vordenbäumen, Viola: *Nachuntersuchung der extraluminalen Valvuloplastie bei Stamminsuffizienz der Vena saphena magna* Inaugural-Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades der Medizin einer Hohen Medizinischen Fakultät der Ruhr- Universität- Bochum 2007
105. Wang Q, Cheng H, Mao Z, Qi X, Zhang M, Chen Y: *Clinical and radiographic results after treatment of cervical degenerative disc disease with the Bryan disc prosthesis : A prospective study with 2-year follow-up*  
Acta Orthop. Belg., 2011, 77, 809-815
106. Wang JL, Panjabi MM, Isomi T: *The role of bone graft force in stabilizing the multilevel anterior cervical plate system*  
Spine 2000; 25: 1649- 1654

107. Wang MY, Leung C, Casey A: *Cervical Arthroplasty with the Bryan Cervical Disc*.  
Neurosurgery 2005; 56(1): (Oper Suppl 1) 58-65
108. White AA, Panjabi MM: *Clinical Biomechanics of the Spine*. J.B. Lippincott Comp. Philadelphia, second edition 1991 zit. n. von Stempel A: *Die Wirbelsäule*  
Thieme Verlag 2001: 25
109. White AA, Southwick WO, Deponte RJ, Gainor JW, Hardy R: *Relief of pain by anterior cervical spine fusion for spondylosis: A report of sixty-five patients*  
J Bone Joint Surg 1973; 55: 525- 534
110. Whitecloud TS 3rd: *Modern alternatives and techniques for one- level disectomy and fusion*  
Clin Orthop Relat Res 1999; 67-76
111. Yang, Baohui, Haopeng Li, Ting Zhang, Xijing He, and Siyue Xu. "The Incidence of Adjacent Segment Degeneration After Cervical Disc Arthroplasty (CDA): A Meta Analysis of Randomized Controlled Trials."  
*PLoS ONE* 7, no. 4 (April 25, 2012): e35032.  
<http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0035032>.
112. Yin S, Yu X, Zhou S, Yin Z, Qiu Y: *Is cervical arthroplasty superior to fusion for treatment of symptomatic cervical disc disease? A meta – analysis*  
Clin Orthop Relat Res 2013; 471 (6): 1904-1919
113. Zhang Z, Gu B, Zhu W, Wang Q, Zhang W: *Clinical and radiographic results of Bryan cervical total disc replacement: 4-year outcomes in a prospective study*  
Arch Orthop Trauma Surg 2013; 133 (8): 1061-1066
114. Zhao YB, Sun Y, Zhou FF, Zhong L jun.- *Cervical disc arthroplasty with ProDisc-C artificial disc: 5-years radiographic follow-up results*  
Chinese Medical Journal 2013; 126 (20):3809-3811
115. Zigler, JE: *Clinical Results with ProDisc: European Experience and U.S. Investigation Device Exemption Study*

Spine 2003; 28(205): 163-166

116. Zigler, JE, Delamarter R, Murrey D: *ProDisc – C and Anterior Cervical Discectomy and Fusion as Surgical Treatment for Single – Level Cervical Symptomatic Degenerative Disc Disease: 5 – Years Results of a Food and Drug Administration Study*

Spine 2013; 38 (3): 203-209

## 7) Bisherige Publikationen/ Vorträge

1. Hopf S: Vergleichende Ergebnisse der Bandscheibenendoprothetik und der Fusionsoperation an der Halswirbelsäule über 5 – 11,5 Jahre  
DWG Kongress Leipzig 12/ 2014
2. Hopf S, Wilde E, Russlies M: *Comparative Results of cervical Disc Prosthesis and Anterior cervical Discectomy and Fusion of the cervical spine 5 – 11 years postoperatively*  
Eur Spine J (2014) 23: 2475  
DOI 10.1007/s00586-014-3600-8
3. Sarrafzadeh AS, Hopf SA, Gautschi OP, Narata AP, Schaller K: *Intracranial hypotension after trauma*  
Springerplus. 2014 Mar 21;3:153.  
DOI: 10.1186/2193-1801-3-153

## 8) Anhang

### 8.1. Abbildungsverzeichnis

#### Abbildungen

- Abb. 1: Darstellung des Bewegungssegments
- Abb. 2: Degenerative HWS im lateralen Strahlengang
- Abb. 3: Schematische Darstellung des Cobb- Winkels nach Shad et al., 2005
- Abb. 4: Prozentuale Darstellung der Lokalisation der praeoperativen Schmerzen
- Abb. 5: Prozentuale Darstellung der Lokalisation der praeoperativen Sensibilitätsdefizite
- Abb. 6 a: Korrekte Lage einer implantierten Bryan Disc C 5/6
- Abb. 6b: Darstellung eines unauffälligen sagittalen Profils der Halswirbelsäule mit korrekt positionierter Bryan Disc- Endoprothese auf Höhe C 6/7
- Abb. 7: Darstellung einer HWS im sagittalen Profil mit kyphotischer Fehlstellung oberhalb der implantierten ProDisc C C 5/6 mit Anschlussdegeneration im cranialen Segment
- Abb. 8: Darstellung einer korrekt fusionierten HWS ohne Anschlussdegeneration C 6/7
- Abb. 9: Darstellung einer bisegmental fusionierten HWS mit Anschlussdegeneration im Anschlusssegment. Durch den Kontakt mit der ventralen Platte kommt es zur Ausbildung eines Osteophyten im cranialen Segment C 5 - 7

## 8.2. Graphikverzeichnis

### Graphiken

- Graphik 1: Geschlechtsabhängige Darstellung der Altersgruppen in Abhängigkeit der Behandlungsverfahren
- Graphik 2: Zeit- und behandlungsabhängiges Auftreten der Komplikationen
- Graphik 3: Darstellung der Schmerzen in Abhängigkeit der Behandlungsverfahren im zeitlichen Verlauf
- Graphik 4: Darstellung der Störung der Motorik in Abhängigkeit der Behandlungsverfahren im zeitlichen Verlauf
- Graphik 5: Darstellung der Sensibilitätsstörungen in Abhängigkeit der Behandlungsverfahren im zeitlichen Verlauf
- Graphik 6: Darstellung des Kinn - Jugulum - Abstandes im zeitlichen Verlauf
- Graphik 7: Darstellung der radiologischen Anschlussdegeneration in Abhängigkeit der Behandlungsverfahren und des Geschlechts
- Graphik 8: Darstellung der radiologischen Anschlussdegeneration in Abhängigkeit des Behandlungsverfahrens und des Nikotinabusus
- Graphik 9: Ergebnisse des NDI prozentual in Abhängigkeit des Behandlungsverfahrens und des Geschlechts

### 8.3. Tabellenverzeichnis

#### Tabellen

- Tab. 1: Darstellung der Ein- und Ausschlusskriterien der Studie
- Tab. 2: Einteilung der Seitneigungs- und Rotationsgrade zur Beurteilung der Bewegungsfähigkeit der HWS
- Tab. 3: Prozentuale Darstellung der Einschränkung im täglichen Leben durch Schmerzen der Halswirbelsäule (NDI)
- Tab. 4: Radiologische Kriterien zur Beurteilung einer degenerativen Veränderung an der Halswirbelsäule
- Tab. 5: Gruppen- und geschlechtsspezifische Darstellung der Dauer des Nachuntersuchungsintervalls VI
- Tab. 6: Darstellung des Nikotinkonsums in Abhängigkeit des Behandlungsverfahrens und des Geschlechts in Intervall I und IV
- Tab. 7: Tabellarische Darstellung der praeoperativ nachgewiesenen Paresen
- Tab. 8: Auflistung der operierten Segmente in absoluter und relativer Häufigkeit
- Tab. 9: Tabellarische Darstellung des Cobb- Winkels in Abhängigkeit des Behandlungsverfahrens im zeitlichen Verlauf
- Tab. 10: Tabellarische Darstellung des segmentalen Cobb- Winkels in Abhängigkeit des Behandlungsverfahrens im zeitlichen Verlauf
- Tab. 11: Darstellung der Lebenseinschränkung gemessen am NDI

## **8.4 Abbildungs-, Graphiken-, Tabellen- und Auflistungsverzeichnis des Anhangs**

### Abbildungen:

- Abb. 1: Darstellung der ventralen und dorsalen Dermatome der Halswirbelsäule
- Abb. 2: Postoperative Röntgenkontrolle bei ACDF mit Nachweis eines Knochen-spans und einer ventral eingebrachten Platte
- Abb. 3: Darstellung der Bryan Disc, Medtronic, USA
- Abb. 4: Darstellung der ProDisc C, DePuy Synthes, USA
- Abb. 5a, b: Darstellung der korrekten Position der Bryan Disc in Funktionsaufnahmen

### Graphiken:

- Graphik 1: Darstellung der Rotationsfähigkeit in Abhängigkeit des Behandlungsverfahrens im zeitlichen Verlauf

### Tabellen:

- Tab. 1: Austrittsstellen der Nervenwurzel mit den dazugehörigen Kennmuskeln und Reflexen
- Tab. 2: Biomechanische Besonderheiten der cervikalen Segmente
- Tab. 3: ASIA- Klassifikation der motorischen Ausfälle
- Tab. 4: ASIA- Klassifikation der sensiblen Ausfälle
- Tab. 5: Darstellung der Lokalisation der operierten Segmente in Abhängigkeit des Geschlechts und der Behandlungsverfahren
- Tab. 6: Darstellung der Lokalisation der Schmerzen im Verlauf
- Tab. 7: Darstellung der radiologischen Anschlussdegeneration in Abhängigkeit von Behandlungsverfahren, Geschlecht und Nikotinabusus

### Auflistung

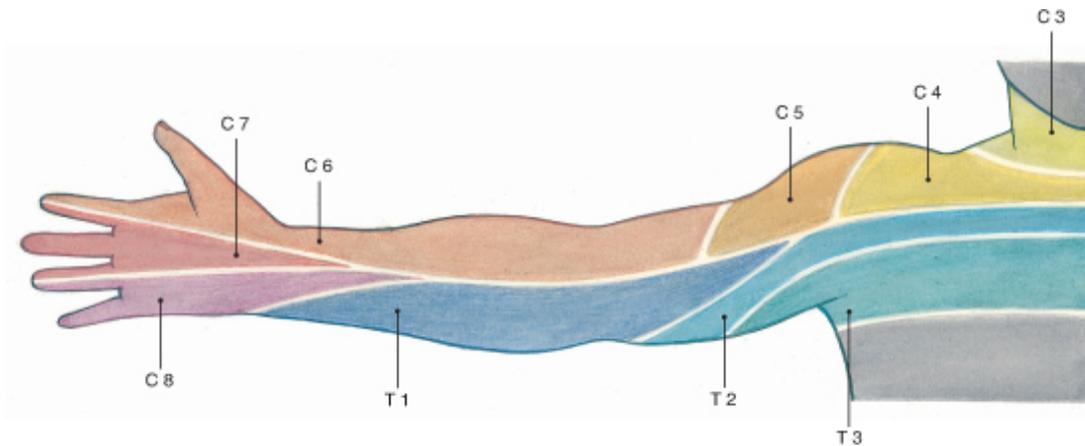
- Aufl. 1: Allgemeine Darstellung der Items des SF- 12
- Aufl. 2: Allgemeine Darstellung der Items des NDI

### Fragebogen

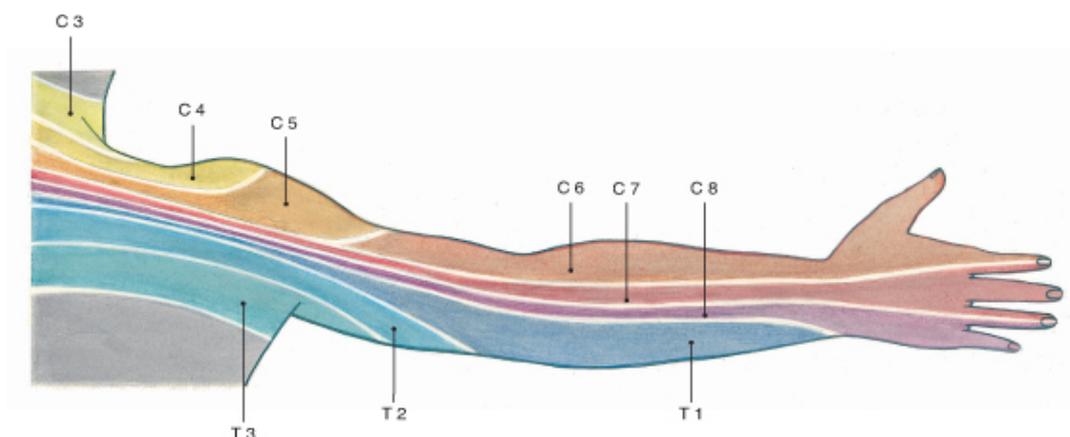
- Frgebg. 1: Fragebogen zur Erhebung der Untersuchungsergebnisse

## 8.5. Abbildungen, Graphiken, Tabellen und Auflistungen des Anhangs

Abb. 1: Darstellung der ventralen und dorsalen Darstellung der Halswirbelsäule



Putz / Pabst: Sobotta Atlas der Anatomie 1, 22.A. © Elsevier GmbH. [www.studentconsult.de](http://www.studentconsult.de)



Putz / Pabst: Sobotta Atlas der Anatomie 1, 22.A. © Elsevier GmbH. [www.studentconsult.de](http://www.studentconsult.de)

Abb. 2: Postoperative Röntgenkontrolle bei ACDF mit Nachweis eines Knochenspans und einer ventral eingebrachten Platte



Abb. 3: Darstellung der Bryan Disc, Medtronic, USA



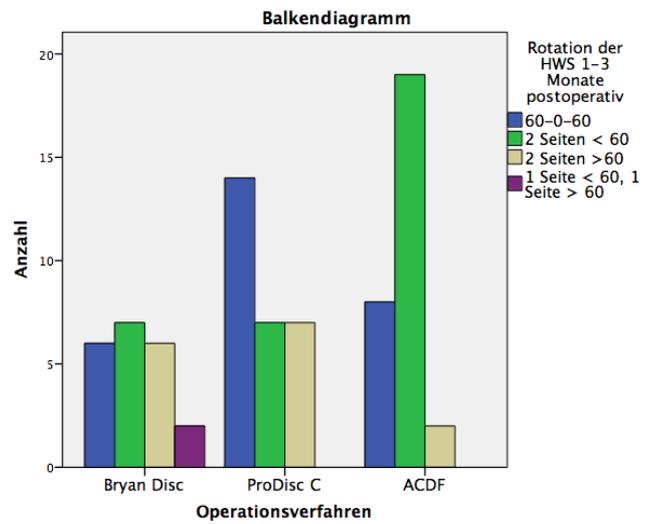
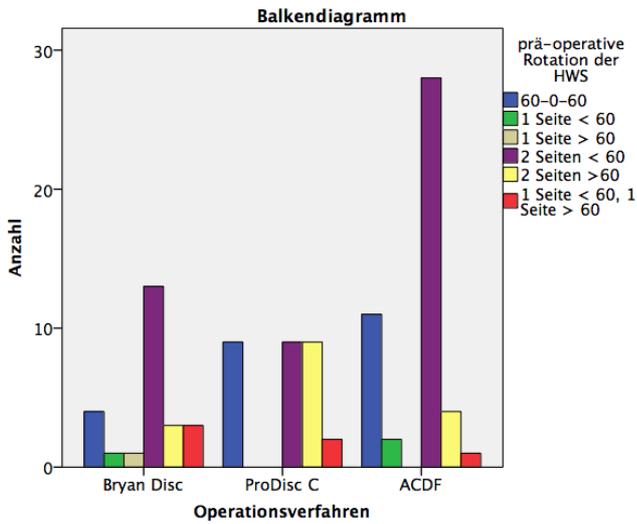
Abb. 4: Darstellung der ProDisc C DePuy Synthes, USA



Abb. 5a , 5b : Sagittale Darstellung des korrekten Position der Bryan Disc in Funktionsaufnahmen

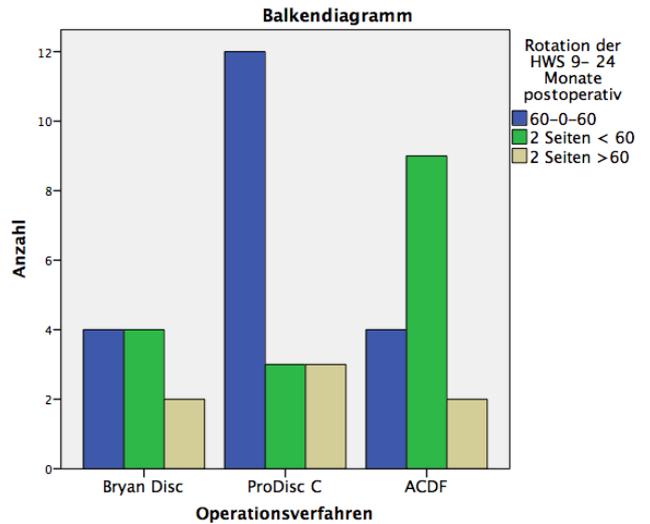
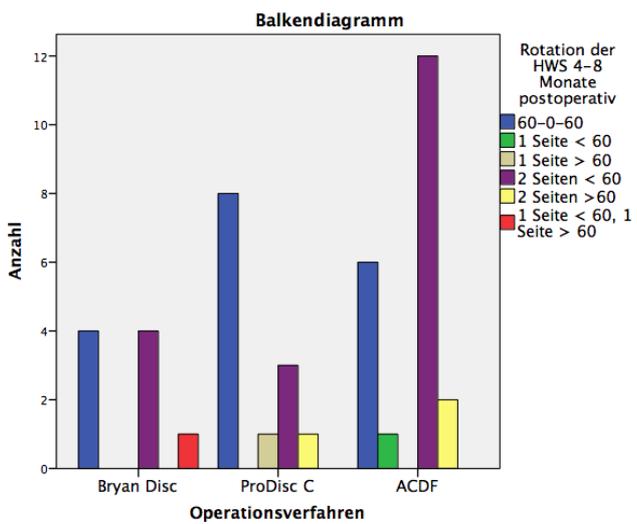


Graphik 1: Darstellung der Rotationsfähigkeit in Abhängigkeit des Behandlungsverfahrens im zeitlichen Verlauf



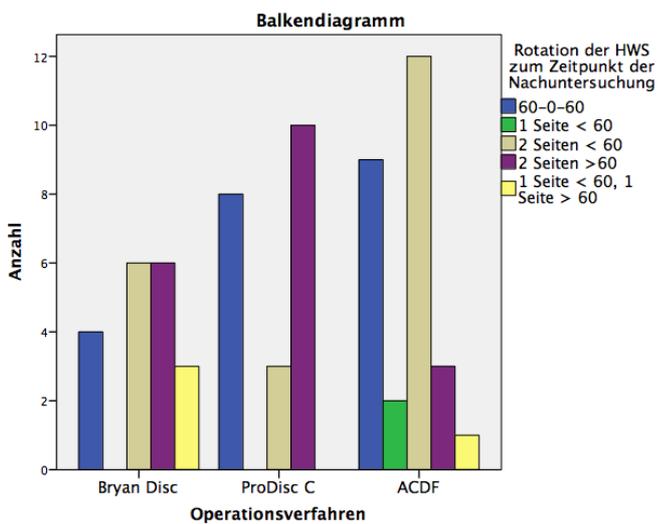
präoperative Rotationsfähigkeit

Rotationsfähigkeit nach 1- 3 Monaten



Rotationsfähigkeit nach 4- 8 Monaten

Rotationsfähigkeit nach 9-24 Monaten



Rotationsfähigkeit zum Zeitpunkt der letzten Nachuntersuchung

Tab. 1: Austrittsstellen der Nervenwurzel mit den dazugehörigen Kennmuskeln und Reflexen

Austrittsstelle	Nervenwurzel	Nerv	Muskeln	Kennmuskel	Reflexabschwächung mit dazugehöriger Nervenwurzel
C 4	C 3/C4	N. phrenicus	Diaphragma		
C 5 - C7	C 4/C5 C 6/C7	N. musculocutaneus	M. biceps brachii M. brachialis	M. biceps brachii	Bizepssehnenreflex (C5/6)
C 5 - C7	C 4/C 5 C 6/C 7	N. axillaris	M. deltoideus	M. deltoideus	
C 5 - Th 1	C 4/C 5 C 7/Th 1	N. radialis	M. triceps brachii M. brachioradialis M. supinator M. extensor digitorum	M. triceps brachii, M. supinator	Radiusperiosreflex (C6) Trizepssehnenreflex (C7/8)
C 5 - Th 1	C 4/C 5 C 7/Th 1	N. medianus	M. pronator teres M. flexor carpi radialis M. flexor digitorum	M. pronator teres, M. flexor digitorum	Fingerbeugereflex nach Trömmer (C7/8)

C 8 - Th 1	C 7/Th 1 Th 1/Th 2	N. ulnaris	M. interosseus		Fingerbeugereflex nach Trömmler (C7/C8)
------------	-----------------------	------------	----------------	--	---

Tab. 2: Biomechanische Besonderheiten der cervikalen Segmente

Segmenthöhe	Flexion/ Extension (ROM kombiniert)	Seitneigung (ROM einseitig)	Rotation (ROM einseitig)
C 0/1	25 °	5 °	5 °
C 1/2	20 °	5 °	40 °
C 2/3	10 ° ( 5- 16°)	10 ° (11- 20 °)	3 ° (0- 10°)
C 3/4	15 ° (7- 26°)	11 ° (9- 15 °)	7 ° (3- 10 °)
C 4/5	20 ° (13- 26 °)	11 ° (0- 16 °)	7 ° (1- 12 °)
C 5/6	20 ° (13- 29 °)	8 ° (0- 16 °)	7 ° (2- 12 °)
C 6/7	17 ° (6- 26 °)	7 ° (0- 17 °)	6 ° (2- 10 °)
C 7/8	9 ° (4- 7°)	4 ° (0- 17 °)	2 ° (0- 7°)

Tab. 3: ASIA – Klassifikation der motorischen Ausfälle

Grad der motorischen Ausfälle	
0	komplette Lähmung
1	sichtbare oder tastbare Muskelkontraktion
2	aktive Bewegung über das volle Bewegungsausmaß, wenn die Schwerkraft aufgehoben ist
3	aktive Bewegung gegen die Schwerkraft

	über das volle Bewegungsausmaß
4	aktive Bewegung über das vollständige Bewegungsausmaß gegen geringen Widerstand
5	aktive Bewegung gegen vollen Widerstand
NT	Überprüfung nicht möglich

Tab. 4: ASIA – Klassifikation der sensiblen Ausfälle

Grad der sensiblen Ausfälle	
0	Keine Sensibilität vorhanden
1	Veränderte Sensibilität
2	Normal
NT	Überprüfung nicht möglich

Tabelle 5: Darstellung der Lokalisation in Abhängigkeit der Behandlungsverfahren und der Segmente

		Behandlungsverfahren					
Altersgruppe (Jahre)	Lokalisation OP - Segment	Bryan Disc		ProDisc C		ACDF	
		Weiblich	Männlich	Weiblich	Männlich	Weiblich	Männlich
20 - 29,99	C 5/6	1				2	
30 - 39,99	C 3/4		1				
	C 5/6	4		4	2	3	3
	C 6/7	4	4	1	4	6	1
	C 4 - C 6			2	1	2	1

	C 5 - C 7		1	1			3
	C 6 - Th 1						1
40 - 49,99	C 4/5				1		
	C 5/6	5	2	4	3		
	C 6/7	3	3	1		1	1
	C 4 - C 6	1				2	2
	C 5 - C 7	1		2	2	1	1
50 - 59,99	C 5/6						1
	C 6/7				1		1
	C 3 - C 5						1
	C 4 - C 6					2	2
	C 5 - C 7					2	
60 - 69,99	C 5/6						1
	C 6/7						1
	C 3 - C 5						1
	C 4 - C 6					1	1
	C 5 - C 7					2	2
	C 6 - Th 1						
70 - 79,99	C 5 - C 7					1	
	C 6 - Th 1						1

Tab. 6: Darstellung der Lokalisation der Schmerzen im Verlauf

Lokalisation	1- 3 Monate		4- 8 Monate		9- 24 Monate		➤ 5 Jahre	
	n (%)		n (%)		n (%)		n (%)	
	Rechts	Links	Rechts	Links	Rechts	Links	Rechts	Links
Cephalgien	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	1 (2,4)	1 (2,4)
Occiput	1 (2,7)	1 (2,7)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	1 (4,6)	0 (0)	0 (0)
Nacken	7 (18,9)	7 (18,9)	2 (11,8)	3 (17,6)	2 (9,1)	2 (9,1)	1 (2,4)	1 (2,4)
Schulter	3 (8,1)	7 (18,9)	0 (0)	2 (11,8)	2 (9,1)	3 (13,6)	5 (12,2)	8 (19,5)
Oberarm	2 (5,4)	5 (13,5)	2 (11,8)	2 (11,8)	3 (13,6)	3 (13,6)	4 (9,8)	4 (9,8)
Unterarm	1 (2,7)	3 (8,1)	1 (5,9)	1 (5,9)	3 (13,6)	2 (9,1)	4 (9,8)	3 (7,3)
Digiti	0 (0)	0 (0)	1 (5,9)	1 (5,9)	1 (4,6)	0 (0)	5 (12,2)	4 (9,8)
Paravertebral	0 (0)	0 (0)	1 (5,9)	1 (5,9)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
n	14 (37,8)	23 (62,2)	7 (41,1)	10 (58,9)	11 (50)	11 (50)	20 (48,8)	21 (51,2)
n <sub>gesamt</sub>	37		17		22		41	

Tab. 7: Darstellung der radiologischen Anschlussdegeneration in Abhängigkeit von Behandlungsverfahren, Geschlecht und Nikotinabusus

	Bryan Disc		ProDisc		ACDF	
	weiblich n(total)	männlich n(total)	weiblich n(total)	männlich n(total)	weiblich n(total)	männlich n(total)
<b>Nikotinabusus</b>						
- radiologische Anschlussdegeneration	2	2	2	0	1	3
- keine radiologische Anschlussdegeneration	0	0	0	6	1	0
<b>Kein Nikotinabusus</b>						
- radiologische Anschlussdegeneration	3	0	4	2	4	2
- keine radiologische Anschlussdegeneration	8	5	4	3	10	5
<b>n<sub>gesamt</sub></b>	<b>13</b>	<b>7</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>16</b>	<b>10</b>

#### Auflistung I: Allgemeine Darstellung der Items des SF- 12

- Gesundheitszustand im Allgemeinen
- Einschränkung bei verschiedenen Tätigkeiten
- Einschränkung im Alltag / Arbeit durch körperliche Gesundheit
- Einschränkung im Alltag / Arbeit durch seelische Probleme
- Einschränkung von Alltag / Arbeit durch Schmerzen
- Ermittlung des Gemütszustandes der letzten vier Wochen
- Beeinträchtigung der sozialen Kontakte durch körperliche oder seelische Probleme.

#### Aufl. 2: Allgemeine Darstellung der Items des NDI

- Schmerzstärke
- Körperpflege
- Heben
- Lesen
- Kopfschmerzen
- Konzentration
- Arbeit
- Autofahren
- Schlafen
- Freizeit.



- Daumen  re  li\_\_\_\_\_
- Finger \_\_\_\_\_  re  li\_\_\_\_\_
- eingeschränkte Atmung
- sonstige: \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_

**Parästhesien:**

Lokalisation der Parästhesie

- Schulter  re  li

- Oberarm  re  li
- \_\_\_\_\_

- Unterarm  re  li
- \_\_\_\_\_

- Daumen  re  li
- \_\_\_\_\_

- Finger \_\_\_\_\_  re  li
- \_\_\_\_\_

- Dermatome C1  C2  C3  C4
- C5  C6  C7  C8

- sonstige: \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_

*Wie war die Beschwerdesymptomatik unmittelbar nach der OP(zum Zeitpunkt der Entlassung)?*

(Entlassungsdatum: \_\_\_\_\_ )

- reduziert**     **identisch**     **gesteigert**

**Schmerzen:**

Qualität der Schmerzen:

- hell stechend
- einschießend
- brennend
- stechend
- kribbelnd
- dumpf drückend
- sonstige: \_\_\_\_\_

---

---

---

---

---

Lokalisation Schmerzen:

- Schulter  re  li
- Oberarm  re  li \_\_\_\_\_
- Unterarm  re  li \_\_\_\_\_
- Daumen  re  li \_\_\_\_\_
- Finger \_\_\_\_\_  re  li \_\_\_\_\_
- eingeschränkte Atmung
- sonstige: \_\_\_\_\_

---

---

---

**Lähmungen/ Schwächegefühl:**

Lokalisation der Lähmung/  
Schwächegefühl

- Schulter  re  li \_\_\_\_\_
- Oberarm  re  li \_\_\_\_\_
- Unterarm  re  li \_\_\_\_\_
- Daumen  re  li \_\_\_\_\_
- Finger \_\_\_\_\_  re  li \_\_\_\_\_
- eingeschränkte Atmung
- sonstige: \_\_\_\_\_

---

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**Parästhesien:**

Lokalisation der Parästhesie

Schulter  re  li

Oberarm  re  li

\_\_\_\_\_  
 Unterarm  re  li

\_\_\_\_\_  
 Daumen  re  li

\_\_\_\_\_  
 Finger \_\_\_\_\_  re  li

\_\_\_\_\_  
 Dermatom C1  C2  C3  C4

C5  C6  C7  C8

sonstige: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

*Wie hat sich die Beschwerdesymptomatik einige Monate nach der OP verändert?*

(Datum:           ⇒    Monate)

(Datum:           ⇒    Monate)

(Datum:           ⇒    Monate)

(Datum:           ⇒    Monate)

**reduziert**    **identisch**    **gesteigert**

**Schmerzen:**

Qualität der Schmerzen:

hell stechend

einschießend

brennend

stechend

kribbelnd

dumpf drückend

sonstige: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Lokalisation Schmerzen:

Schulter  re  li  
 Oberarm  re  li \_\_\_\_\_  
 Unterarm  re  li \_\_\_\_\_  
 Daumen  re  li \_\_\_\_\_  
 Finger \_\_\_\_\_  re  li \_\_\_\_\_  
 eingeschränkte Atmung  
 sonstige: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**Lähmungen/ Schwächegefühl:**

Lokalisation der Lähmung/:  Schulter  re  li \_\_\_\_\_  
Schwächegefühl  Oberarm  re  li \_\_\_\_\_  
 Unterarm  re  li \_\_\_\_\_  
 Daumen  re  li \_\_\_\_\_  
 Finger \_\_\_\_\_  re  li \_\_\_\_\_  
 eingeschränkte Atmung  
 sonstige: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**Parästhesien:**

Lokalisation der Parästhesie  Schulter  re  li  
 Oberarm  re  li  
\_\_\_\_\_  
 Unterarm  re  li  
\_\_\_\_\_  
 Daumen  re  li  
\_\_\_\_\_

Finger \_\_\_\_\_  re  li

---

Dermatom C1  C2  C3  C4   
C5  C6  C7  C8

sonstige: \_\_\_\_\_

---



---



---

*Wie verhält sich Ihre Beschwerdesymptomatik zum jetzigen Zeitpunkt?*

(Datum:                    ⇒                    Jahre                    Monate)

**reduziert**     **identisch**     **gesteigert**

**Schmerzen:**

Qualität der Schmerzen:

- hell stechend
- einschießend
- brennend
- stechend
- kribbelnd
- dumpf drückend

sonstige: \_\_\_\_\_

---



---



---

Lokalisation Schmerzen:

Schulter  re  li

Oberarm  re  li \_\_\_\_\_

Unterarm  re  li

Daumen  re  li \_\_\_\_\_

Finger \_\_\_\_\_  re  li \_\_\_\_\_

eingeschränkte Atmung

sonstige: \_\_\_\_\_

---

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**Lähmungen/ Schwächegefühl:**

Lokalisation der Lähmung/:

Schulter  re  li \_\_\_\_\_

Schwächegefühl

Oberarm  re  li \_\_\_\_\_

Unterarm  re  li \_\_\_\_\_

Daumen  re  li \_\_\_\_\_

Finger \_\_\_\_\_  re  li \_\_\_\_\_

eingeschränkte Atmung

sonstige: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**Parästhesien:**

Lokalisation der Parästhesie

Schulter  re  li

Oberarm  re  li

\_\_\_\_\_  
 Unterarm  re  li

Daumen  re  li

Finger \_\_\_\_\_  re  li

Dermatom C1  C2  C3  C4

C5  C6  C7  C8

sonstige: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Wie war die Beweglichkeit Ihrer Halswirbelsäule vor der OP?

**Rotationsgrad:**

**Seitneigung:**

Wie hat sich Beweglichkeit nach der OP verändert?

**Rotationsgrad:** direkt nach der OP:

Monate nach OP:

Monate nach OP:

Monate nach OP:

Monate nach OP:

**Seitneigung:** direkt nach der OP:

Monate nach OP:

Monate nach OP:

Monate nach OP:

Monate nach OP:

*Röntgenologische Anschlussinstabilität*

Ja

OP- Segment

C1- C2

C2- C3

C3-C4

C3-C4

C4- C5

C5- C6

C6- C7

Nein

Instabilität Segment

C2- C3

C3-C4

C3-C4

C4- C5

C5- C6

C6- C7

C7- TH1

C7- TH1

## **Radiologische Zeichen einer Instabilität:**

### **HWS AP:**

- \_\_\_\_\_ segmentale Uncovertebralarthrose
- \_\_\_\_\_ Zeichen der Rotationsinstabilität (versetzte Dornfortsätze)

### **HWS SEITLICH:**

- \_\_\_\_\_ Reduktion oder Verlust der segmentalen Lordose
- \_\_\_\_\_ Segmentale Kyphose
- \_\_\_\_\_ Segmentale Bandscheibendegeneration
- \_\_\_\_\_ Segmentale Translation nach ventral oder dorsal
- \_\_\_\_\_ Segmentale ventrale oder dorsale Spondylophytenbildung
- \_\_\_\_\_ Segmentale Osteochondrose der Grund- und Deckplatten

### **FUNKTIONSAUFNAHMEN HWS:**

- \_\_\_\_\_ Vermehrte Beweglichkeit im Translationssinne (physiologisch bis 2 mm)
- \_\_\_\_\_ Vermehrtes segmentales ventrales oder dorsales Aufklappen der Bandscheibe

### **HWS ZIELAUFNAHME:**

- \_\_\_\_\_ Segmentale Kyphose
- \_\_\_\_\_ Segmentale Bandscheibendegeneration
- \_\_\_\_\_ Segmentale Translation nach ventral oder dorsal
- \_\_\_\_\_ Segmentale ventrale oder dorsale Spondylophytenbildung
- \_\_\_\_\_ Segmentale Osteochondrose der Grund- und Deckplatten

### **MRT HWS:**

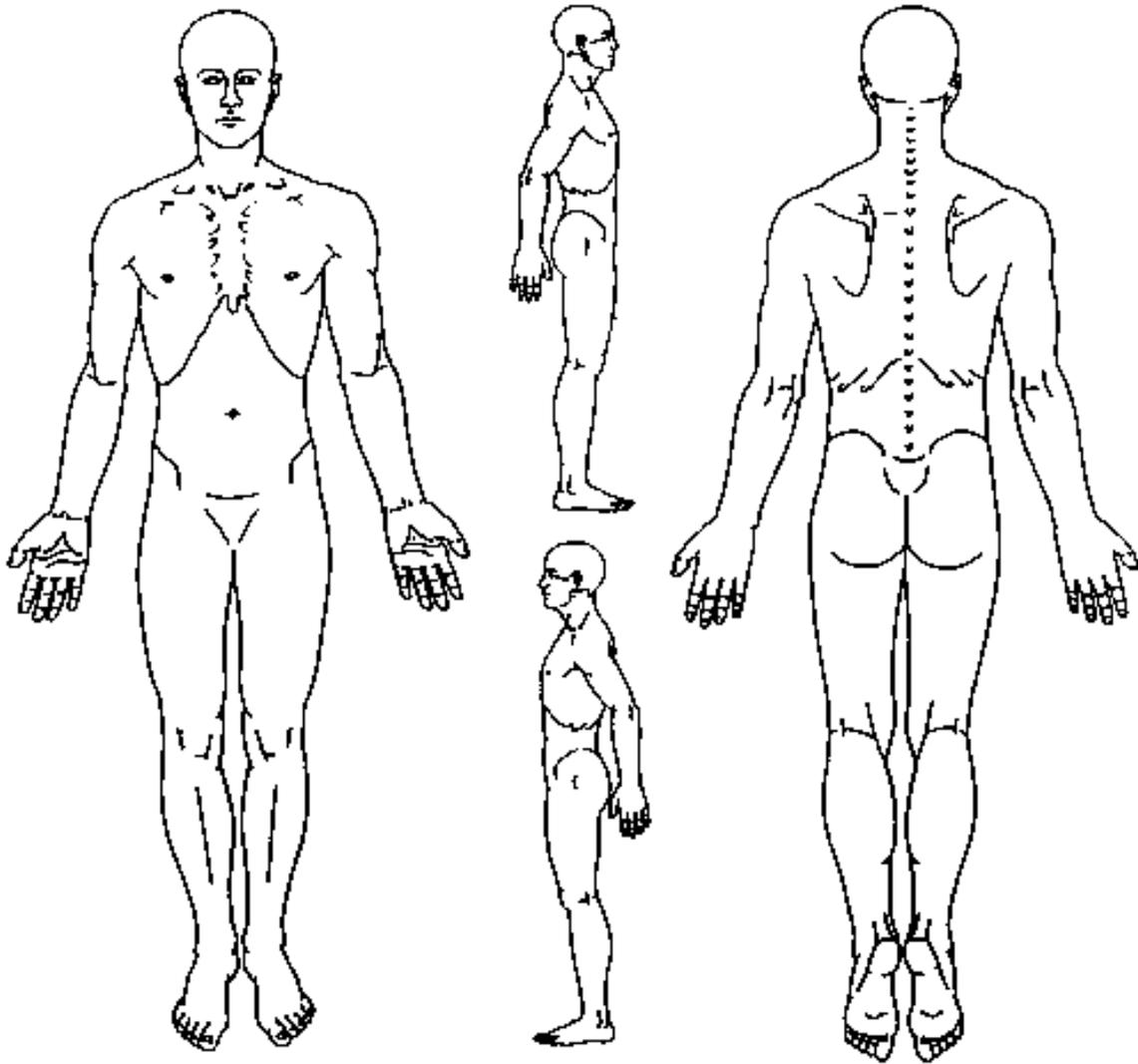
- \_\_\_\_\_ Reduktion oder Verlust der segmentalen Lordose
- \_\_\_\_\_ Segmentale Kyphose

- \_\_\_\_\_ Segmentale Bandscheibendegeneration
- \_\_\_\_\_ Segmentale Translation nach ventral oder dorsal
- \_\_\_\_\_ Segmentale ventrale oder dorsale Spondylophytenbildung
- \_\_\_\_\_ Segmentale Osteochondrose der Grund- und Deckplatten
- \_\_\_\_\_ Modic Veränderungen
- \_\_\_\_\_ Black disk Phänomen

**Neck Disability Index:**

Wie lange haben Sie Nackenschmerzen? \_\_\_\_\_Jahr \_\_\_\_\_Monate \_\_\_\_\_Wo-  
chen

Bitte zeichnen Sie am folgenden Piktogramm die Stellen ein, an denen Sie Schmerzen  
oder andere Symptome (Taubheit, Kribbeln) empfinden.



Bitte beschreiben Sie mit folgenden Buchstaben, wo Sie welche Art von Schmerzen spü-  
ren:

A= Schmerzen

B= Brennen

N= Taubheit

P= Kribbeln

S= stechend

O= sonstige

Bitte lesen:

*Der folgende Fragebogen ist erstellt worden, um zu verstehen wie sich Ihr Nackenschmerz auf Ihr täglichen Aktivitäten und Lebensqualität auswirkt.*

*Bitte beantworten Sie jede Einheit (Schmerzstärke, Körperpflege etc.) mit der jeweils am besten auf Sie zutreffenden Antwort.*

*Es ist verständlich, dass Sie das Gefühl haben, dass manchmal mehrere Antworten zutreffen, aber wählen Sie bitte nur die Antwort aus, die **im Moment** am besten Ihre Lebenslage darstellt.*

Schmerzstärke
A. Ich habe momentan keine Schmerzen.
B. Die Schmerzen sind gering.
C. Die Schmerzintensität ist mäßig, der Schmerz kommt und geht.
D. Die Schmerzen sind mäßig und gleichbleibend.
E. Die Schmerzen sind schwer, aber sie kommen und gehen.
F. Die Schmerzen sind schwer und gleichbleibend.
Körperpflege( z.B. Waschen, Anziehen)
A. Ich kann meine Körperpflege normal durchführen, ohne dass dies zusätzlichen Schmerz verursacht.
B. Ich kann mich gewöhnlich selbst versorgen, aber es verursachte zusätzliche Schmerzen.
C. Es ist schmerzhaft mich selbst zu versorgen, ich bin dabei langsam und vorsichtig.
D. Ich brauche bei der Körperpflege etwas Hilfe, versorge mich jedoch größtenteils selbst.
E. Ich brauche täglich Hilfe meinen persönlichen Verrichtungen.
F. Ich ziehe mich nicht an, wasche mich mit Schwierigkeiten und bleibe im Bett.
Heben
A. Ich kann schwere Gegenstände ohne zusätzlichen Schmerz aufheben.
B. Ich kann schwere Gegenstände aufheben, aber es verursacht zusätzlichen Schmerz.
C. Der Schmerz hindert mich daran, schwere Lasten vom Boden aufzuheben, ich kann diese aber tragen, wenn sie günstig abgestellt sind(z.B. auf einem Tisch).
D. Der Schmerz hindert mich daran, schwere Lasten vom Boden aufzuheben, ich kann leichte bis mittelschwere Lasten bewältigen, wenn sie günstig abgestellt sind.
E. Ich kann nur sehr leichte Lasten aufheben.
F. Ich kann überhaupt keine Lasten heben oder tragen.

Lesen
A. Ich kann so viel lesen wie ich möchte ohne Schmerzen im Nacken zu verspüren.
B. Ich kann so viel lesen wie ich möchte, verspüre jedoch einen leichten Schmerz im Nacken.
C. Ich kann so viel lesen wie ich möchte, verspüre jedoch einen mäßigen Schmerz im Nacken.
D. Ich kann nicht so viel lesen wie ich möchte, weil ich einen mäßigen Schmerz im Nacken verspüre.
E. Ich kann nicht so viel lesen wie ich möchte, weil ich einen starken Schmerz im Nacken verspüre.
F. Ich kann gar nicht lesen.
Kopfschmerzen
A. Ich habe überhaupt keine Kopfschmerzen.
B. Ich habe leichte Kopfschmerzen, die gelegentlich auftreten.
C. Ich habe mäßige Kopfschmerzen, die gelegentlich auftreten.
D. Ich habe mäßige Kopfschmerzen, die häufig auftreten.
E. Ich habe schwere Kopfschmerzen, die häufig auftreten.
F. Ich habe fast permanent Kopfschmerzen.
Konzentration
A. Ich kann mich ohne Schwierigkeiten gut konzentrieren.
B. Ich kann mich gut konzentrieren, muss mich aber dabei etwas anstrengen.
C. Ich kann mich gut konzentrieren, muss mich dabei aber ziemlich anstrengen.
D. Ich habe leichte Probleme mich zu konzentrieren.
E. Ich habe große Schwierigkeiten mich zu konzentrieren.
F. Ich kann mich überhaupt nicht mehr konzentrieren.
Arbeit
A. Ich kann arbeiten, soviel ich will.
B. Ich kann meine gewohnte Arbeit tun, mehr aber auch nicht.
C. Ich kann das meiste meiner gewohnten Arbeit tun, mehr aber auch nicht.
D. Ich kann meine gewohnte Arbeit nicht verrichten.
E. Ich kann kaum irgendeine Arbeit verrichten.
F. Ich kann gar keine Arbeit mehr verrichten.
Autofahren
A. Ich kann ohne Schmerzen im HWS- Bereich Auto fahren.
B. Ich kann Auto fahren, solange ich will, aber mit leichtem Schmerzen.
C. Ich kann Auto fahren fahren, solange ich will, aber mit mäßigem Schmerz.

D. Wegen der mäßigen Schmerzen, kann ich nicht solange Autofahren, wie ich will.
E. Ich kann kaum Autofahren, da ich starke Schmerzen habe.
F. Ich kann gar kein Auto mehr fahren..
Schlafen
A. Ich habe keine Schlafstörungen.
B. Mein Schlaf ist etwas gestört(weniger als 1 Stunde schlaflos).
C. Mein Schlaf ist leicht gestört (1-2 Stunden schlaflos).
D. Mein Schlaf ist mäßig gestört (2-3 Stunden schlaflos).
E. Mein Schlaf ist ziemlich gestört (3-5 Stunden schlaflos).
F. Mein Schlaf ist komplett gestört(5-7 Stunden schlaflos).
Freizeit
A. Ich kann allen Hobbies nachgehen, ohne dass ich dabei Schmerzen verspüre.
B. Ich kann allen Hobbies nachgehen, verspüre jedoch etwas Schmerzen.
C. Ich kann den meisten Hobbies nachgehen, jedoch nicht mehr allen, da ich Schmerzen dabei verspüre.
D. Ich kann nur noch einigen meiner Hobbies nachgehen, da ich Schmerzen dabei verspüre.
E. Ich kann kaum noch Hobbis nachgehen, da ich Schmerzen dabei verspüre.
F. Ich kann keinem meiner Hobbies mehr nachgehen.

**SF- 12:**

1. Wie würden Sie Ihren **Gesundheitszustand im Allgemeinen** beschreiben?

Ausgezeichnet

Sehr gut

Gut

Weniger gut

Schlecht

2. Im folgenden sind einige Tätigkeiten beschrieben, die Sie vielleicht an einem normalen Tag ausüben. Sind Sie durch Ihren derzeitigen Gesundheitszustand **bei diesen Tätigkeiten eingeschränkt**?

	Ja, stark eingeschränkt	Ja, etwas eingeschränkt	nein, überhaupt nicht einge- schränkt
Mittelschwere Tätigkeiten(z.B. Tisch Verschieben, staubsaugen, kegeln)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Mehrere Treppen steigen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

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

	Ja	Nein
Ich habe weniger geschafft als ich wollte.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich konnte nur bestimmte Dinge tun.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

4. Hatten Sie in den vergangenen 4 Wochen aufgrund Ihrer **seelischer Probleme** irgendwelche Schwierigkeiten bei der Arbeit oder anderen alltäglichen Tätigkeiten im

Beruf bzw. zu Hause (z.B. weil Sie sich niedergeschlagen oder ängstlich fühlten)?

	Ja	Nein
Ich habe weniger geschafft als ich wollte.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich konnte nicht so sorgfältig wie üblich arbeiten.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

5. Inwieweit haben die Schmerzen Sie in den vergangenen 4 Wochen bei der Ausübung Ihrer **Alltagstätigkeiten zu Hause und im Beruf** behindert?

- Überhaupt nicht
- Etwas
- Mäßig
- Ziemlich
- Sehr

6. In diesen Fragen geht es darum, wie Sie sich fühlen und wie es Ihnen in den vergangenen 4 Wochen gegangen ist. Wie oft waren Sie in den **vergangenen 4 Wochen**:

	Immer	Meistens	Ziemlich oft	Manchmal	Selten	Nie
...ruhig und gelassen?	<input type="checkbox"/>					
...voller Energie?	<input type="checkbox"/>					
...entmutigt und traurig?	<input type="checkbox"/>					

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

- Immer

- Meistens
- Manchmal
- Selten
- Nie

## **9) Lebenslauf**

**Mein Lebenslauf wird aus Gründen des Datenschutzes in der elektronischen Fassung meiner Arbeit nicht veröffentlicht.**