

Aus der Klinik für Neurochirurgie
der Medizinischen Fakultät
der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg
Direktor: Prof. Dr. med. Raimund Firsching

**Vergleich der Anschlusssegmenterkrankung nach Einsatz
zervikaler Bandscheibenprothesen gegenüber anteriorer
zervikaler Diskektomie und Fusion (ACDF)
„Eine Anwendungsbeobachtung“**

Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades

Dr. med.

(doctor medicinae)

an der Medizinischen Fakultät
der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg

vorgelegt von
aus
Magdeburg

Eili Roham
Al-Hasaka (Syrien)
2021

Dokumentationsblatt

Bibliographische Beschreibung

Roham, Eili:

Vergleich der Anschlusssegmenterkrankung nach Einsatz zervikaler Bandscheibenprothesen gegenüber anteriorer zervikaler Diskektomie und Fusion (ACDF) „Eine Anwendungsbeobachtung“. - 2021. - 62 Bl., 7 Abb., 22 Tab.

Kurzreferat

Seit 2000 ist es routinemäßig möglich, alternativ zu der anterioren zervikalen Diskektomie mit Fusion (ACDF) eine Bandscheibenprothese (Total Disk Arthroplastie TDA) in das operierte Halswirbelsegment einzubringen. Von der Prothese wird erwartet, dass sie die physiologische Beweglichkeit der Halswirbelsäule bewahrt und die Entwicklung der Anschlusssegmenterkrankung langfristig hemmt. Das Ziel der Studie ist es, die Inzidenz operationsbedürftiger Anschlusssegmenterkrankungen nach Bandscheibenprothesen (TDA) mit den Verläufen nach Fusion (ACDF) zu vergleichen. Nach einer Verlaufsbeobachtung von 4 Jahren im Mittel betrug bei der anterioren zervikalen Fusion ohne Prothese „ACDF“ mit 128 Patienten die Re-Operationsrate 7,8% und bei Prothesen mit 165 Patienten insgesamt 6,7%. Da jedoch diese beiden Gruppen nur bedingt miteinander vergleichbar sind, bleibt in dieser Studie die Frage offen, ob die Anschlusssegmenterkrankung bei Prothesen tatsächlich seltener auftritt als bei ACDF. Zudem wurde die Entwicklung der Anschlusssegmentdegeneration vor und nach Implantation von Prothesen und ACDF kernspintomographisch untersucht. Nach unserem Bewertungssystem konnten wir keinen statistisch relevanten Unterschied in der Entwicklung und im Ausmaß der Anschlusssegmentdegeneration zwischen beiden operativen Verfahren nachweisen. In keinem Fall konnte eine Anschlusssegmenterkrankung gefunden werden, bei der sich nicht bereits vor der ersten Bandscheibenoperation beginnende degenerative Veränderungen nachweisen ließen. Der Literatur zufolge vermindert die prothetische Versorgung an der Halswirbelsäule die langfristig zu erwartende Anschlusssegmenterkrankung und ist daher eine attraktive Alternative zur Fusion.

Schlüsselwörter: Bandscheibenprothese, zervikale Fusion, Anschlusssegmenterkrankung

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis	v
Abbildungsverzeichnis	vi
Tabellenverzeichnis.....	vii
1. Einführung	1
1.1 Anatomie und Physiologie der Halswirbelsäule	1
1.2 Die degenerative Veränderung der cervikalen Bandscheibe	1
1.3 Zerviko-brachiales Syndrom	2
1.4 Diagnostik.....	4
1.4.1 Röntgen	4
1.4.2 Computertomographie	4
1.4.3 Magnetresonanztomographie.....	4
1.5 Therapie	5
1.6 Operationsmethoden	5
1.6.1 Anteriore zervikale Diskektomie und Fusion (ACDF)	5
1.6.2 Total Disk Arthroplastie (TDA).....	7
1.7 Anschlusssegmentdegeneration und Anschlusssegment-Erkrankung.....	9
1.8 Ziel der Studie.....	10
2. Material und Methoden.....	11
2.1 Studiendesign.....	11
2.2 Patientendatenerfassung.....	12
2.3 Patienten mit operationsbedürftiger Anschlusssegmenterkrankung	13
2.4 Beobachtungszeitraum.....	14
2.5 Operative Methoden der Gruppe F (Fusion-Gruppe).....	14
2.6 Operative Methoden der Gruppe P (Prothesen-Gruppe).....	14
2.7 Operationstechnik.....	15
2.8 Radiologische Auswertung	16
2.9 Statistische Analyse	18
3. Ergebnisse	19
3.1 Alter der Patienten	19
3.2 Geschlechtsverteilung	19
3.3 Segmentverteilung	20
3.4 Implantate	21
3.5 Patienten mit einer Operation im Anschlusssegment	22
3.5.1 Anzahl der Patienten mit einer Operation im Anschlusssegment.....	22

3.5.2 Alter der Patienten mit Operation im Anschlusssegment	23
3.5.3 Geschlechtsverteilung bei den Patienten mit Operation im Anschlusssegment	24
3.5.4 Segmentverteilung bei den Patienten mit Operation im Anschlusssegment	25
3.5.5 Implantate der Patienten mit einer Operation an einem Anschlusssegment	27
3.6 Radiologische Auswertung	29
3.6.1 Signal der Bandscheibe im MRT in T2-Wichtung.....	30
3.6.2 Posteriore Bandscheibenprotrusion	32
3.6.3 Verminderung der Bandscheibenhöhe	34
3.6.4 Foraminalstenose.....	37
3.6.5 Myelopathiesignal	40
3.6.6 Gesamt-Punktzahl.....	42
4. Diskussion	44
4.1 Patienten	44
4.2 Anzahl der Patienten mit einer Operation im Anschlusssegment	44
4.3 Anschlusssegmenterkrankung: Vergleich zwischen M6- und Bryan-Prothese.....	46
4.4 Radiologische Auswertung	46
4.5 Limitationen der vorliegenden Arbeit.....	48
5. Zusammenfassung.....	50
<i>Literaturverzeichnis.....</i>	<i>51</i>
<i>Patientenverzeichnis.....</i>	<i>56</i>
<i>Danksagungen.....</i>	<i>60</i>
<i>Ehrenerklärung.....</i>	<i>61</i>
<i>Darstellung des Bildungsweges</i>	<i>62</i>

Abkürzungsverzeichnis

3D	dreidimensional
Abb.	Abbildung
ACDF	anteriore cervicale Diskektomie und Fusion
C	Halswirbel
ca.	circa
CT	Computertomographie
F	Fusion
HWK	Halswirbelkörper
HWS	Halswirbelsäule
J.	Jahre
M.	Muskel
Max.	Maximum
Min.	Minimum
MRT	Magnetresonanztomographie
OP	Operation
P	Prothese
Pat.	Patient
PEEK	Poly-Ether-Ether-Ketone
PMMA	Polymethylmethacrylat
präop.	präoperativ
postop.	postoperativ
Seg.	Segment
T	thorakal
Tab., Tbl.	Tabelle
TDA	Total Disk Arthroplastie
THK	thorakaler Wirbelkörper

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Geschlechtsverteilung im Gesamtkollektiv und in beiden Gruppen	20
Abbildung 2: Segmentverteilung im Gesamtkollektiv und in beiden Gruppen.....	21
Abbildung 3: Implantate in beiden Gruppen.....	22
Abbildung 4: Häufigkeit der Patienten mit einer Operation im Anschlusssegment im Gesamtkollektiv und in beiden Gruppen	23
Abbildung 5: Geschlechtsverteilung bei den Patienten mit Operation im Anschlusssegment im Gesamtkollektiv und in beiden Gruppen	25
Abbildung 6: Segmentverteilung bei den Patienten mit einer Operation an einem Anschlusssegment	26
Abbildung 7: Rate von Anschlusssegment-Operationen bei den Patienten mit M6 und Bryan-Prothesen.....	27

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Leitsymptome der Radikulopathien beim zerviko-brachialen Syndrom.....	3
Tabelle 2: Ein- und Ausschlusskriterien bei der Patientendatenerfassung	13
Tabelle 3: Bewertungssystem für die degenerativen Veränderungen bei T2- Gewichtung in den MRT-Bildern.....	18
Tabelle 4: Patienten mit einer Operation an einem Anschlusssegment in Gruppe P	28
Tabelle 5: Patienten mit einer Operation an einem Anschlusssegment in Gruppe F	29
Tabelle 6: Durchschnittliche Punktzahl und Progress pro Segment in jeder Gruppe bei Veränderung der Signalintensität der Bandscheibe	31
Tabelle 7: Punktzahl der Veränderung der Signalintensität der Bandscheibe in Gruppe P	31
Tabelle 8: Punktzahl der Veränderung der Signalintensität der Bandscheibe in Gruppe F	32
Tabelle 9: Durchschnittliche Punktzahl und Progress pro Segment in jeder Gruppe bei der posterioren Bandscheibenprotrusion.	33
Tabelle 10: Punktzahl bei der posterioren Bandscheibenprotrusion in Gruppe P	34
Tabelle 11: Punktzahl bei der posterioren Bandscheibenprotrusion in Gruppe F	34
Tabelle 12: Durchschnittliche Punktzahl und Progress der Verminderung der Bandscheibenhöhe pro Anschlusssegment in jeder Gruppe	36
Tabelle 13: Punktzahl der Verminderung der Bandscheibenhöhe in Gruppe P	36
Tabelle 14: Punktzahl der Verminderung der Bandscheibenhöhe in Gruppe F	37
Tabelle 15: Punktzahl bei der Foraminalstenose in Gruppe P.....	39
Tabelle 16: Punktzahl der Foraminalstenose in Gruppe F.....	39
Tabelle 17: Durchschnittliche Punktzahl und durchschnittlicher Progress des Myelopathiesignals pro Segment in jeder Gruppe	40
Tabelle 18: Punktzahl des Myelopathiesignals in Gruppe P	41
Tabelle 19: Punktzahl des Myelopathiesignals in Gruppe F	41
Tabelle 20: Durchschnittliche Gesamtpunktzahl und durchschnittlicher Gesamtprogress pro Segment in jeder Gruppe	42
Tabelle 21: Gesamtpunktzahl in Gruppe P	43
Tabelle 22: Gesamtpunktzahl in Gruppe F	43

1. Einführung

1.1 Anatomie und Physiologie der Halswirbelsäule

Die Halswirbelsäule besteht aus sieben Wirbelkörpern „C1-C7“. Die zwei ersten Wirbelkörper, Atlas und Axis, nehmen eine Sonderrolle ein. Sie entsprechen nicht dem allgemeinen Aufbau der Wirbelsäule und unterscheiden sich strukturell und funktionell von den übrigen Halswirbelkörpern. Die übrigen fünf Wirbel bestehen anatomisch aus einem Wirbelkörper, einem Wirbelbogen, einem Dornfortsatz und zwei Querfortsätzen sowie vier Gelenkfortsätzen. Charakteristisch für die Halswirbelsäule sind die gegabelten Dornfortsätze und die Unkovertebralgelenke [1].

Der untere Teil der Halswirbelsäule ist besser beweglich als der mittlere Abschnitt. Daher sind degenerative Veränderungen hier häufiger. Die Halswirbelsäule ist mit 37 Gelenken das komplizierteste Gelenksystem im gesamten Körper. Normalerweise bewegt sich die Halswirbelsäule mehr als 600-mal pro Stunde, unabhängig davon, ob wir wach sind oder schlafen. Kein anderer Teil des Muskel-Skelett-Systems bewegt sich so viel wie die Halswirbelsäule. Aufgrund der komplexen anatomischen Eigenschaften der Halswirbelsäule setzt die adäquate Behandlung von HWS-Syndromen ausführliche anatomische und physiologische Kenntnisse voraus [2].

1.2 Die degenerative Veränderung der cervikalen Bandscheibe

Die Bandscheibe ist das größte avaskuläre Gewebe im menschlichen Körper und besteht aus dem zentralen Nucleus pulposus und dem ihn peripher umgebenden Annulus fibrosus. Die Degeneration der Bandscheiben beginnt mit einem Verlust an Wassergehalt im Nucleus pulposus, der zu einem erhöhten Verlust von Proteoglycan und verändertem Kollagengehalt führt. Folglich findet eine Kaskade von Veränderungen in der Bandscheibe statt und verursacht eine mechanische Inkompetenz für die Belastungsübertragung. Letztlich schrumpft die Bandscheibe, was ringförmige Risse und den Austritt von Bandscheibenmaterial in den Spinalkanal verursachen kann [3], [4].

Es konnte ein genetischer Zusammenhang zwischen Veränderungen der Bandscheibe und Genen, die Kollagen I und IX, Metalloproteinase-3 und Vitamin D-Rezeptor kodieren, nachgewiesen werden [5], [6].

Die degenerative Veränderung der cervikalen Bandscheibe ist ein altersbedingtes Phänomen und betrifft sowohl männliche als auch weibliche Patienten. Mit dem Alter nimmt die Prävalenz zu, unabhängig davon, ob die Veränderungen symptomatisch sind oder nicht. Eine MRT-Studie zeigt, dass die Bandscheibe bei 25% der Patienten unter 40 Jahre und bei ca. 60% der Patienten über 40 Jahre mindestens in einer Höhe degenerativ verändert war [7].

In Japan hatten 20% der asymptomatischen Studienteilnehmer im Alter zwischen 20-30 Jahren sowie ca. 90 % der asymptomatischen Studienteilnehmer über 60 Jahre degenerativ veränderte cervikale Bandscheiben [8].

Die Bandscheibe in dem Segment HWK 5/6 war die am häufigsten beteiligte Bandscheibe bei der Patientengruppe der Über-30-Jährigen. Obwohl die Degeneration der Bandscheibe in der Halswirbelsäule häufig ist, scheint sie später zu beginnen als die Degeneration in der Lendenwirbelsäule [7].

1.3 Zerviko-brachiales Syndrom

Die degenerativen Veränderungen der Halswirbelsäule führen zur Entwicklung des zervikalen Syndroms, das abhängig von der Lokalisation in ein zerviko-zephalales Syndrom, ein zerviko-brachiales Syndrom und die zervikale Myelopathie eingeteilt wird. Die Zervikobrachialgien sind als Schmerzen definiert, die mit oder ohne sensomotorisches Defizit durch Kompression oder Reizung einer zervikalen Nervenwurzel verursacht werden. Die Reizung kann zu einem oder mehreren der folgenden Symptome führen: Kraftverlust, Nackenschmerzen, Armschmerzen und Taubheit oder Parästhesien in einer dermatomen oder myotomen Verteilung (Tabelle 1). Zervikale Radikulopathien können aus jedem pathologischen Zustand der Nervenwurzel resultieren [9].

Die C2-Radikulopathie ist charakterisiert durch die occipitalen Schmerzen in der Anamnese. Die kleinste zervikale Wurzel ist die C3-Nervenwurzel, die durch das größte Neuroforamen läuft und meistens nicht von der Spondylose betroffen ist. Bei der C4-Radikulopathie können die Schmerzen in den hinteren Hals, in den M.

trapezius und in den Thorakalbereich ausstrahlen. Somit kann es manchmal schwierig sein, diese Schmerzen von den axialen Nackenschmerzen zu unterscheiden. Die C5-Radikulopathie verursacht typischerweise Schmerzen, die über die Schulter und in den proximalen Arm entlang der lateralen Seite des M. Deltoideus ausstrahlen. Die klinische Untersuchung könnte eine Parese des M. Deltoideus oder M. Biceps brachi nachweisen [10].

Die Bizeps-Parese kann auch von der Radikulopathie der C6-Nervenwurzel verursacht werden. Für die C6-Radikulopathie sind Schmerzen, Taubheitsgefühle oder Kribbeln, das in den Daumen und den Zeigefinger ausstrahlt, typisch. Schwäche der Extension der Hand und der Ausfall des Brachioradialis-Reflexes können ebenfalls auftreten. Eine C7-Radikulopathie kann Schmerzen verursachen, die in den Mittelfinger ausstrahlen, und eine Kraftminderung des M. Trizeps brachi auslösen. Ein fehlender oder verminderter Trizepsreflex kann ebenfalls Folge einer C7-Radikulopathie sein. Schmerzen, die entlang der lateralen Seite des Ober-Unterarmes sowie in den Ring- und kleinen Finger ausstrahlen, sprechen für die C8-Radikulopathie. Dabei können die Handmuskeln eine Kraftminderung erleiden, insbesondere bei der Extension des Ring- und des kleinen Fingers. Selten kommt es zur T1-Radikulopathie mit Sensibilitätsstörung auf der ulnaren Seite des Unterarmes oder Atrophie des M. interossei dorsales [10].

Wurzel	Segment	Schmerz und / oder Hypästhesie	Kennmuskel	Reflexabschwächung
C5	C4/5	Schulter und Oberarm lateral	Deltoideus	-
C6	C5/6	Radialer Ober-/Unterarm, Daumen, gelegentlich Teile des Zeigefingers radial	Bizeps, Brachioradialis	Bizeps, Brachioradialis (Radiusperiost)
C7	C6/7	Unterarm posterior, Zeige- und Mittelfinger	Daumenballen, Trizeps, Pronator teres	Trizeps
C8	C7/T1	Unterarm posterior, Ring- und Kleinfinger	Kleinfingerballen, M. interossei	-

Tabelle 1: Leitsymptome der Radikulopathien beim zerviko-brachialen Syndrom

1.4 Diagnostik

1.4.1 Röntgen

Ein natives Röntgenbild der Halswirbelsäule in zwei Ebenen ist die Basisdiagnostik bei Patienten, bei denen die Beschwerden neu aufgetreten sind. Damit können eine Osteodestruktion, knöcherne Fehlbildungen und degenerative Veränderungen erkannt werden. Bei der Funktionsaufnahme werden die Bilder in einer bestimmten Körperhaltung aufgenommen. Hier werden die Beweglichkeit und die Stabilität der Halswirbelsäule untersucht.

1.4.2 Computertomographie

Die Computertomographie ist ein nicht-invasives, seit 1974 eingesetztes röntgentechnisches Verfahren. Wenn es um die Beurteilung der knöchernen Strukturen der Halswirbelsäule geht, ist die Computertomographie die Untersuchung der Wahl. Damit können mit höherer Sensitivität z. B. Frakturen diagnostiziert werden. Heutzutage spielt die Computertomographie eine große Rolle bei Patienten, die magnetresonanztomographisch untauglich sind, z. B. aufgrund eines implantierten Herzschrittmachers. Hier kann die Myelo-Computertomographie als diagnostisches Verfahren hilfreich sein.

Bei der dreidimensionalen CT wird, im Gegensatz zur zweidimensionalen CT, das gesamte Volumen des Halses untersucht. Hier liegt der Vorteil in der hervorragenden Darstellbarkeit von knöchernen Strukturen.

1.4.3 Magnetresonanztomographie

Die ersten Versuche der Bildgebung mittels Magnetresonanz wurden im Jahr 1973 unternommen. Mittlerweile wird die Magnetresonanztomographie seit mehr als 30 Jahren in der Medizin eingesetzt. Dieses diagnostische Verfahren ersetzt mehr und mehr die Computertomographie und ist heute die Methode der Wahl bei der Diagnostik von Bandscheibenvorfällen. Neurale Strukturen wie das Rückenmark und die Nervenwurzeln, aber auch Weichteile wie Bänder und die Bandscheibe können

mittels MRT sehr detailliert dargestellt werden. Die MRT ist hilfreich in der Differentialdiagnose verschiedener Erkrankungsbilder (degenerative Veränderungen, entzündliche Erkrankungen, Tumoren etc.). Ein besonderer Vorteil der MRT gegenüber der Computertomographie ist die fehlende Strahlenbelastung bei der Untersuchung. Deshalb wird die MRT bevorzugt bei Kindern eingesetzt. Die degenerativen Veränderungen können mehrere Anteile der Halswirbelsäule betreffen, wie die Bandscheibe, die Facettengelenke, die Unkovertebralgelenke, die Bänder und die paravertebrale Muskulatur. Die MRT gilt als bevorzugtes, modernes bildgebendes Verfahren für die Beurteilung der symptomatischen Degeneration der Halswirbelsäule mit einer Sensitivität und Spezifität von jeweils 91% [11], [12], [13].

1.5 Therapie

Das Ziel der Therapie ist es, die Schmerzen zu lindern und die Funktion der Halswirbelsäule und der Arme zu verbessern. Mit Physiotherapie, der Gabe von Analgetika und Infiltrationen wird versucht, das zervikale Syndrom konservativ zu behandeln. In den meisten Fällen erbringt die konservative Behandlung eine Besserung der Symptomatik. Die operative Behandlung wird indiziert, wenn die konservative Therapie zu keiner hinreichenden Besserung der Beschwerden führt oder wenn neben Schmerzen zusätzlich neurologische Defizite wie Lähmungen, Gangstörungen und Empfindungsstörungen auftreten, z. B. bei Myelopathie.

Zur operativen Behandlung der degenerativen Bandscheibenerkrankungen gibt es verschiedene chirurgische Techniken. Das Ziel der operativen Behandlung ist es, die Kompression der Nervenwurzel sowie des Myelons zu beseitigen und das Bewegungssegment zu stabilisieren.

1.6 Operationsmethoden

1.6.1 Anteriore zervikale Diskektomie und Fusion (ACDF)

Seitdem das Verfahren von Smith, Robinson und Cloward 1958 erstmalig beschrieben wurde, gehört die „anteriore zervikale Diskektomie und Fusion (ACDF)“ zu den am häufigsten durchgeführten Wirbelsäulenoperationen. Aufgrund des relativ

niedrigen Risikos und der guten Erfolge gilt die ACDF als Goldstandard für viele degenerative Erkrankungen der Halswirbelsäule [14], [15], [16].

Von 1990 bis 2000 verdoppelte sich die Gesamtzahl der operativen Behandlungen der degenerativen Veränderung der Halswirbelsäule in den USA von 29 auf 55 Operationen pro 100.000 Einwohner. Von 1999 bis 2004 wurden mehr ACDFs durchgeführt als in den gesamten 1990er Jahren [17].

Bei der 1958 von Cloward beschriebenen Operationsmethode wurde nach der Diskektomie ein autologer Knochendübel von der Crista iliaca implantiert. Für eine bessere Stabilität haben Simmons und Bhalla im Jahr 1969 einen keilförmigen Knochenblock beschrieben [18].

Die Entnahme des Knochenblocks von der Crista iliaca war mit einer relativ hohen kurz- und langfristigen Morbidität an der Entnahmestelle sowie mit Komplikationen wie Schmerzen, Infektionen, der Bildung von Hämatomen, Nervenverletzungen und Frakturen der Crista iliaca assoziiert. Daraufhin nahm das Interesse an alternativem Fusionsmaterial zu [19].

Die Fusionierung mittels eines aus Edelstahl gefertigten Ringes (Cages) wurde zuerst 1988 von Bagby im Rahmen der Behandlung einer spondylotischen zervikalen Myelopathie eines Pferdes beschrieben. Diese Technologie wurde dann in den 1990er Jahren in der Chirurgie der Halswirbelsäule auf Menschen übertragen. Das grundsätzliche Muster des Implantats war ein Ring, der mit autologem Knochen- oder Ersatzmaterial gefüllt wurde [21].

Inzwischen unterscheidet man, abhängig von dem vielfältigen Design, zwischen schraubenartigen horizontalen Ringen und vertikalen Ringen oder Box-Implantaten. Jedes Muster hat seine eigenen Vor- und Nachteile.

Um die postoperative Stabilität zu verbessern, besitzen einige Implantat-Muster kleine Zacken oder Zähne, so dass die Kontaktoberfläche vergrößert wird [22].

Mit der Entwicklung des Implantat-Materials gingen auch Veränderungen im Design einher. Bei der Herstellung von Implantaten werden vor allem drei Materialien verwendet: Karbon, Titan und Polyetheretherketon (PEEK). Titan als Biomaterial wurde bereits in den 1940er Jahren orthopädisch genutzt; es ist robust und viel steifer als Knochen. PEEK-Implantate wurden in den 1990er Jahren als Alternative

zum Titan vorgestellt. Ihre Elastizität entspricht annähernd derjenigen von Knochen, ist intraoperativ sowie postoperativ radiologisch viel besser kontrollierbar und ergibt dabei zugleich weniger Streuartefakte [23], [24].

Verschiedene Studien zeigten bei PEEK im Vergleich zu Titanimplantaten bessere Fusionsraten und niedrigere Senkungsraten. Im Rahmen einer Verlaufskontrolle von sieben Jahren berichteten Chen et al. in der frühen postoperativen Phase vergleichbare klinische Ergebnisse durch PEEK-Implantate, aber zugleich eine bessere Erhaltung der intervertebralen Höhe und zervikalen Lordose [25], [26], [27], [28].

1.6.2 Total Disk Arthroplastie (TDA)

Die anteriore zervikale Diskektomie und Fusion (ACDF) ist das häufigste Verfahren zur Behandlung der cervikalen Radikulopathien und Myelopathien. Trotz der guten Ergebnisse dieser Operation bleiben immer noch Fragen zur Wirkung der zervikalen Fusion auf die zervikale Biomechanik und Anschlusssegmentdegeneration offen. Die Versteifung eines Bewegungssegmentes der Wirbelsäule bedeutet zwangsläufig eine mechanische Mehrbelastung der anderen Segmente. Diese wird allgemein als denkbare Ursache der häufig zu beobachtenden Degeneration von Nachbarsegmenten der versteiften Höhe angesehen. Deswegen war es bei der Entwicklung einer zervikalen Total-Disk-Arthroplastie (TDA) das Ziel, sowohl die Beweglichkeit als auch die Stabilität des Segments beizubehalten, um so möglicherweise die Anschlusssegmentdegeneration zu minimieren [29].

Die erste zervikale künstliche Bandscheibe wurde 1966 von Fernstrom entwickelt und implantiert. Die Prothese war aus Edelstahl gefertigt und kugelförmig mit einem Durchmesser von 6 bis 10 mm. Weitere Erfahrungen mit der gleichen Art von Implantaten berichteten Reitz et al. In beiden Studien fehlte jedoch eine langfristige Verlaufskontrolle. Probleme hinsichtlich Hypermobilität und eines Einsinkens der Stahlkugel in die Wirbelkörper führten dann dazu, dass diese Art von Prothese nicht mehr benutzt wurde [30].

In den 1990er Jahren führte das Interesse an einer künstlichen, beweglichen cervikalen Bandscheibe dazu, dass relativ schnell Prothesen mit verschiedenen

Formen entwickelt wurden, wie die Cummins-Prothese und die Prestige-Prothese [31].

Im Januar 2000 war die erste Bryan-Prothese kommerziell verfügbar, eine neue Art von künstlicher Metall-auf-Kunststoff-Prothese. Bis 2007 wurde diese Prothese bei mehr als 6000 Patienten eingesetzt [32].

Die Bryan-Prothese besteht aus einem elastischen Polymer-Kern und zwei Titanschalen, die anterior mit Flügeln ausgerüstet sind, um die dorsale Dislokation zu verhindern. Dieses Konstruktionsmuster ermöglicht mit einer beweglichen Drehachse eine Flexion und Extension von bis zu elf Grad sowie seitliches Biegen [33].

Ryu et al. untersuchten Patienten nach Implantation einer Bryan-Prothese bis zu fünf Jahren postoperativ. Die Prothese behielt auch nach fünf Jahren noch die postoperative Beweglichkeit. Es wurde keine signifikante Abnahme der Prothesenbeweglichkeit festgestellt [34].

Heller et al. verglichen in einer randomisierten kontrollierten Multicenter-Studie 242 Patienten nach Implantation einer Bryan-Prothese und 221 Patienten nach ACDF bis zu zwei Jahren postoperativ. In beiden Gruppen kam es zu einer signifikanten Verbesserung der Nacken- und Armschmerzen im Vergleich zum präoperativen Zustand. Patienten, denen eine Bryan-Prothese implantiert wurde, zeigten in allen postoperativen Untersuchungen eine signifikant bessere Entwicklung der Nackenschmerzen als die Kontrollgruppe. Auch in dieser Studie war das Intervall bis zur Rückkehr an den Arbeitsplatz in der Bryan-Gruppe signifikant kürzer als in der Kontrollgruppe [35].

Cheng et al. verglichen in ihrer Studie die klinischen und radiologischen Ergebnisse von Patienten, die mit der Bryan-Prothese versorgt wurden, mit den Ergebnissen einer Kontrollgruppe, die eine ACDF erhielt. Die Patienten, die eine Bryan-Prothese erhielten, konnten zwei Monate früher wieder zur Arbeit gehen als die Patienten der ACDF-Gruppe. Zudem war die Beweglichkeit des operierten Segments in der Bryan-Gruppe besser als in der Kontrollgruppe. Cheng et al. zufolge ist es insbesondere bei jungen Patienten wichtig, die Beweglichkeit der Halswirbelsäule zu erhalten, um vorzeitigen Verschleiß der Nachbarsegmente zu vermeiden [36].

Schmitt befragte zwischen 2001 und 2008 deutsche Neurochirurgen hinsichtlich der Versorgung des monosegmentalen zervikalen Bandscheibenvorfalls. Er kam zu dem

Schluss, dass die Implantation von Bandscheibenprothesen zunehmend an Bedeutung gewinnt [37].

Nach Implantation einer Bandscheibenprothese kann die erhaltene Segmentbeweglichkeit auch über Jahre hinweg in mehr als 80% der operierten Patienten bestätigt werden [38].

1.7 Anschlusssegmentdegeneration und Anschlusssegment-Erkrankung

Die Anschlusssegment-Erkrankung wurde von Hilibrand und Kollegen als die Entwicklung einer neuen Radikulopathie oder Myelopathie definiert, die sich auf ein Segment bezieht, das an ein vorher mittels „anteriore[r] zervikale[r] Diskektomie und Fusion“ oder Arthroplastie operiertes Segment angrenzt. Wenn es sich nur um eine radiologische degenerative Veränderung handelt, wird das als Anschlusssegmentdegeneration bezeichnet. Eine Anschlusssegment-Erkrankung ist ein relativ häufiges Phänomen nach einer Halswirbelsäulenoperation. Hilibrand et al. zeigten für die Entwicklung der Anschlusssegment-Erkrankung nach anteriorer zervikaler Diskektomie und Fusion (ACDF) eine relativ konstante Inzidenz von 3% pro Jahr. Hier war nur bei Patienten mit einer schon vorbestehenden Degeneration dieses Anschlusssegments nach einer Operation an dem Segment C5/6 oder C6/7 eine operative Behandlung einer Anschlusssegment-Erkrankung nötig [39], [40].

Matsumoto et al. verglichen magnetresonanztomographische Befunde von 64 Patienten, die mit ACDF operiert wurden, mit magnetresonanztomographischen Befunden von 201 asymptomatischen Patienten. Im Rahmen einer Verlaufskontrolle von etwa zwölf Jahren offenbarte sich in der ACDF-Gruppe eine signifikant größere Inzidenz für eine Anschlusssegmentdegeneration [41].

Auch die technischen chirurgischen Methoden spielen in der Entwicklung von Anschlusssegmentdegeneration eine Rolle. Faldini et al. bewerteten retrospektiv 107 Patienten nach Durchführung einer ACDF mit einer Verlaufskontrolle von etwa 16 Jahren. Die Gruppe mit postoperativer Kyphose in dem operierten Segment (postoperative radiologische sagittale Ausrichtung von $<0^\circ$) zeigte in 60% der Fälle eine Anschlusssegmentdegeneration, wobei die Rate in der Gruppe mit postoperativer Lordose (postoperative radiologische sagittale Ausrichtung von $>0^\circ$)

nur 27% war. Katsura et al. beurteilten retrospektiv 42 Patienten nach ACDF in einer Verlaufskontrolle von etwa neun Jahren. Die Rate der Anschlusssegmentdegeneration betrug bei Patienten mit Kyphose während der Fusionierung 77% [42], [43].

1.8 Ziel der Studie

Seit 2000 ist es routinemäßig möglich, alternativ zu der anterioren zervikalen Diskektomie und Fusion ACDF eine Bandscheibenprothese (Total Disk Arthroplastie oder TDA) in das operierte Halswirbelsegment einzubringen. Die Prothese soll neurologische Symptome beheben, dem Patienten Schmerzen nehmen und ihm helfen, die Aktivitäten des täglichen Lebens wieder aufzunehmen. Zusätzlich soll die Prothese die physiologische Beweglichkeit der Halswirbelsäule erhalten und die Entwicklung der Anschlusssegmenterkrankung verhindern.

Das Ziel der Studie ist es, die Inzidenz einer operationsbedürftigen Anschlusssegmenterkrankung zwischen Bandscheibenprothesen (TDA) und fusionierenden Verfahren (anterioren zervikalen Diskektomie und Fusion oder ACDF) zu vergleichen.

2. Material und Methoden

2.1 Studiendesign

Es handelt sich bei dieser Studie um eine retrospektive Studie. Es wurden 293 Patienten an einem zervikalen Bandscheibenvorfall operiert. 128 Patienten wurden nach einer monosegmentalen operativen Entfernung der Bandscheibe nachfolgend mit einer Fusionierung behandelt. Bei 165 Patienten wurde nicht fusioniert, sondern eine Bandscheibenprothese eingesetzt, um die Beweglichkeit der Halswirbelsäule zu erhalten. Die Entscheidung, welche Methode bei welchem Patienten angewendet werden sollte, wurde von dem verantwortlichen Operateur gefällt. Bei Verdacht auf überwiegend knöchern degenerative Veränderungen, „hard disc“, mit Einschränkung des Bewegungsgrades in der Segmenthöhe, in der sich die Einengung des Wirbelkanals befand, wurde eine Fusionierung nach Abtragung der knöchernen Einengung bevorzugt. Bei radiologischen Hinweisen auf einen freien Sequester als Bandscheibenvorfall, „soft disc“, ohne wesentliche Beeinträchtigung des Bewegungsgrades des betroffenen Segmentes, wurde eher eine Prothese eingesetzt. Nach Rücksprache mit der Ethikkommission der Medizinischen Fakultät der Otto-von Guericke-Universität Magdeburg erschien eine Beratung der gesamten Arbeit vor der Ethikkommission bei retrospektiver anonymisierter wissenschaftlicher Auswertung von Behandlungsdaten nicht erforderlich (Aktenzeichen: R04-20).

Retrospektiv wurden im Archiv des neurochirurgischen Universitätsklinikums in Magdeburg diejenigen Patienten in diese Studie eingeschlossen, die von 2003 bis 2010 eine monosegmentale anteriore zervikale Diskektomie und Fusion (ACDF) oder eine monosegmentale Total Disk Arthroplastie mittels Bandscheibenprothese (TDA) erhalten hatten. Die Patienten mit der ACDF wurden als Gruppe F (Fusion) bezeichnet, die Patienten mit Bandscheibenprothese als Gruppe P (Prothese).

Die Unterlagen der Patienten wurden retrospektiv anonymisiert ausgewertet, um die folgenden Fragen zu beantworten:

Wie viele der Patienten in beiden Gruppen wurde im Verlauf an einem angrenzenden Segment bei Anschlusssegmenterkrankung operiert?

Vermindert die Bandscheibenprothese im Vergleich mit der zervikalen Fusion die operationsbedürftige Anschlusssegmenterkrankung?

Bestehen kernspintomographisch bereits vor der ersten Operation degenerative Veränderungen in den im Verlauf operierten angrenzenden Segmenten, oder entwickelt sich die Anschlusssegmenterkrankung von einem gesunden angrenzenden Segment aus?

Unterscheidet sich die Degeneration bei der Anschlusssegmenterkrankung zwischen Bandscheibenprothese und zervikaler Fusion in kernspintomographischer Hinsicht?

2.2 Patientendatenerfassung

Da Prothesen eher bei jüngeren Patienten implantiert werden, wurden zum besseren Vergleich beider Gruppen nur die Patienten in die Studie miteingeschlossen, die zum ersten OP-Zeitpunkt 25 bis 50 Jahre alt gewesen waren. Die Operationen fanden zwischen 2003 und 2010 in der Universitätsklinik für Neurochirurgie in Magdeburg statt. Die Operationen an dem angrenzenden Segment bei einer Anschlusssegmenterkrankung erfolgten zwischen 2007 und 2015 in derselben Klinik. Patienten, die bereits an der Halswirbelsäule voroperiert waren, sowie solche mit multisegmentalen Operationen, wurden von der Studie ausgeschlossen, ebenso auch Patienten, die Infektionen, Traumata oder Tumoren der Halswirbelsäule erlitten hatten (Tabelle 2).

Insgesamt wurden 293 Patienten in die Studie eingeschlossen. Davon hatten 128 Patienten eine zervikale Diskektomie und Fusion (Gruppe F) und 165 Patienten eine Total Disk Arthroplastie mit einer Bandscheibenprothese (Gruppe P) erhalten.

EINSCHLUSSKRITERIEN	AUSSCHLUSSKRITERIEN
Monosegmentale ventrale zervikale Diskektomie von HWK3 bis BWK1, entweder mit Fusion oder mit Bandscheibenprothese	Multisegmentale Operationen
Alter zwischen 25 und 50 Jahren bei der ersten Operation	Voroperationen an der HWS
Erste Operation zwischen 2003 und 2010 in der Universitätsklinik für Neurochirurgie in Magdeburg	Infektion der HWS
	Traumata der HWS
	Tumoren der HWS

Tabelle 2: Ein- und Ausschlusskriterien bei der Patientendatenerfassung

2.3 Patienten mit operationsbedürftiger Anschlusssegmenterkrankung

In beiden Gruppen wurden die Patienten identifiziert, bei denen im Verlauf ein angrenzendes Segment eine Etage höher oder tiefer operiert wurde. Insgesamt erhielten 21 Patienten aus beiden Gruppen im weiteren Verlauf eine Operation an einem Anschlusssegment. In den Operationen wurde ein ventraler Zugang benutzt und entweder eine ACDF oder TDA durchgeführt. In Gruppe F wurden zehn von 128 Patienten in einem Anschlusssegment operiert, und zwar zwischen 2007 und 2015 in der Universitätsklinik für Neurochirurgie in Magdeburg. Neun dieser Patienten erhielten ein Peek-Implantat und ein Patient ein Titan-Implantat. Elf von insgesamt 165 Patienten in Gruppe P wurden zwischen 2008 und 2015 in einem Anschlusssegment operiert; neun davon erhielten ein Peek-Implantat, ein Patient erhielt eine M6-Prothese, und bei einem Patienten wurde Knochenzement benutzt.

2.4 Beobachtungszeitraum

Die klinische Verlaufskontrolle erstreckte sich über einen Zeitraum von 0 bis 10 Jahren. Die durchschnittliche Beobachtungszeit lag bei 4 Jahren und 3 Monaten.

2.5 Operative Methoden der Gruppe F (Fusion-Gruppe)

Bei 128 Patienten wurden zwischen 2003 und 2010 eine monosegmentale anteriore zervikale Diskektomie und eine Fusion ACDF durchgeführt. Für die Fusionierung wurden vier verschiedene Materialien benutzt: Knochenzement (Palacos), ein Titanium-Implantat, ein Carbon-Implantat und ein Polyetheretherketone-Implantat (Peek-Implantat). Bei Knochenzement handelt es sich um ein polymeres Methyl-Methacrylat (PMMA), das nur relativ selten als möglicher Ersatz für die entfernte Bandscheibe verwendet wird. Die Indikationen für einen operativen Eingriff wurden durch die ärztlichen Kollegen nach klinischer und radiologischer Diagnostik gestellt. Die Indikation für eine zervikale Diskektomie war eine diskogen oder ossär bedingte Radikulopathie oder Myelopathie.

In dieser Gruppe erhielten zwei Patienten ein Carbon-Implantat, 14 Patienten Knochenzement, 43 Patienten ein Peek-Implantat und 69 ein Titan-Implantat.

2.6 Operative Methoden der Gruppe P (Prothesen-Gruppe)

Für die Arthroplastie wurde bei 165 Patienten zwischen 2003 und 2010 entweder eine Bryan-Prothese oder eine M6-Prothese eingesetzt. Die M6-Prothese besteht aus einer Kernprothese aus Polyurethan und einem aus Polyethylen gewebten Faserring. Kern- und Ringprothese der M6 besitzen die gleichen Bewegungsmerkmale wie eine natürliche Bandscheibe. Die M6-Prothese (Firma „Spinal Kinetics“) verfügt über zwei Außenplatten mit Kiel aus Titan, um die Bandscheibe im Knochen des Wirbelkörpers zu verankern. Die Deckplatten können zwei verschiedene Höhen (6 und 7 mm) sowie verschiedene Größe haben (mittel, mittelgroß lang, groß, groß lang).

Die Bryan-Prothese (Firma Medtronic) wird seit 2000 regelmäßig implantiert. Hergestellt wird sie in den Größen 14mm – 18mm. Sie besteht aus zwei schalenförmigen Titanplatten mit poröser Oberschicht, die eine knöcherne Verbindung mit den angrenzenden Wirbelkörpern ermöglichen soll. Dazwischen befindet sich ein flexibler, reibungsarmer und verschleißfester Kunststoffkern aus Polyurethan. Fixierende Schrauben sind nicht nötig, weil die Prothese passgenau in die anliegenden Deckplatten eingeschliffen wird [38].

Bei 117 Patienten in Gruppe P wurde eine Bryan-Prothese implantiert, während die anderen 48 Patienten eine M6-Prothese bekamen. Die Wahl der Prothese wurde zufällig nach kommerzieller Verfügbarkeit getroffen.

2.7 Operationstechnik

Als Zugang benutzten die Chirurgen sowohl für die Fusionierung als auch für die Prothese den ventralen Zugang, der von Bailey 1952, Robinson und Smith 1955 sowie Cloward 1957 beschrieben wurde. Der Patient wird in Rückenlage gelagert, mit leichter Reklination des Halses. Um intraoperativ eine gute radiologische Beurteilung zu erhalten, werden die Arme leicht gezogen. Die gewünschte Höhe wird vor der Operation mit dem C-Bogen markiert. Ein horizontaler Hautschnitt über der markierten Höhe wird angelegt. Das Platysma wird durchgetrennt. Nach stumpfer Präparation wird die Halswirbelsäule erreicht und die Höhe erneut mittels C-Bogen kontrolliert. Um eine optimale Lage der Implantate zu erreichen, muss der Chirurg die Mittellinie identifizieren. Nach Verschraubung des oberen und unteren Wirbelkörpers wird ein Sperrer angesetzt. Dann werden die Bandscheibe und das hintere Längsband mikrochirurgisch ausgeräumt und die Osteophyten abgetragen. Das Ziel ist es, die Neuroforamina sowie den Spinalkanal gut zu dekomprimieren. Nach der Bestimmung der Größe mittels Probeimplantat unter Röntgendurchleuchtung wird das Implantat (Ring, Prothese etc.) angesetzt und das Sperrmaterial entfernt. Nach Einlage einer Redondrainage wird der Operationszugang schichtweise verschlossen. Am ersten oder zweiten postoperativen Tag wird der postoperative Zustand radiologisch mittels eines anterioren/posterioren und seitlichen Röntgenbildes dokumentiert.

2.8 Radiologische Auswertung

Das Ziel der Studie war es, die degenerativen Veränderungen an den Anschlusssegmenten der mit Prothesen und mit Fusionierung versorgten Wirbel zu vergleichen. Die magnetresonanztomographischen Bilder der Patienten, die in einem Anschlusssegment operiert wurden, wurden in beiden Gruppen ausgewertet. Damit konnte der präoperative Zustand des Anschlusssegmentes in beiden Operationen verglichen werden.

Matsumoto et al. entwickelten in ihrer Studie ein Bewertungssystem, um zervikale magnetresonanztomographische Befunde zu bewerten. Auf Basis dieses Bewertungssystems haben wir für unsere Studie ein ähnliches Bewertungssystem entwickelt (Tabelle 3), um die Anschlusssegmentdegeneration magnetresonanztomographisch zu bemessen [8].

In unserem Bewertungssystem wurden Punkte für die degenerative Veränderung in den T2-Gewichtung-MRT-Bildern vergeben. Die Punktezahl in jeder Höhe war zwischen null Punkten (überhaupt keine degenerative Veränderung) und acht Punkten (maximal degenerativ veränderte Höhe) angesetzt. Die Punktevergabe war folgendermaßen geregelt:

- Degeneration der Bandscheibe: Hier wurde die Intensität der Bandscheibe beurteilt. Null Punkte wurden vergeben, wenn die T2-Intensität der Bandscheibe hoch oder leichter als die Intensität des Liquors gemindert war, ein Punkt bei deutlicher Minderung und zwei Punkte, wenn keine Signalintensität (schwarz) vorlag.
- Posteriore Bandscheibenprotrusion oder Bandscheibenvorwölbung: Es gab null Punkte, wenn die Bandscheibe an der vertikalen Ebene der hinteren Kante des Wirbelkörpers begrenzt war, einen Punkt bei einer Protrusion ohne Kompression des Myelons und zwei Punkte bei einer Bandscheibenvorwölbung mit Kompression des Myelons.
- Verschmälerung oder Verengung der Bandscheibenhöhe: War die Bandscheibenhöhe im Vergleich zu der nächsten normalen benachbarten

Bandscheibe um weniger als 25% schmaler, wurden null Punkte vergeben, bei einer Verschmälerung der Bandscheibenhöhe zwischen 25% und 50% ein Punkt und bei einer Verschmälerung von mehr als 50% zwei Punkte.

- Foraminalstenose: Hier wurden bei fehlender Foraminalstenose null Punkte gegeben und bei uni- oder bilateraler Foraminalstenose, die durch die Bandscheibe oder Knochen bedingt war, ein Punkt.
- Myelopathie-Signal: Bei bestehendem Myelopathie-Signal wurde ein Punkt vergeben.

Art der Degeneration	Punktegabe
Signal der Bandscheibe	0 hell oder leicht dunkel 1 dunkel 2 schwarz
Posteriore Bandscheibenprotrusion	0 keine posteriore Protrusion 1 Protrusion ohne Kompression des Myelons 2 Protrusion mit Kompression des Myelons
Höhe der Bandscheibe	0 Höhenminderung um weniger als 25% im Vergleich zu der nächsten normalen benachbarten Bandscheibe 1 25% bis 50% Höhenminderung 2 mehr als 50% Höhenminderung
Foraminalstenose	0 keine Foraminalstenose 1 uni- oder bilaterale Foraminalstenose
Myelopathie-Signal	0 kein Myelopathie-Signal 1 Myelopathie-Signal

Tabelle 3: Bewertungssystem für die degenerativen Veränderungen bei T2-Gewichtung in den MRT-Bildern

2.9 Statistische Analyse

Die statistische Auswertung wurde in Zusammenarbeit mit dem Institut für Biometrie und medizinische Informatik der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg durchgeführt. Zunächst wurden die erhobenen Daten in einer Excel-Tabelle verwaltet und anschließend zur statistischen Auswertung in SPSS übertragen. Die statistische Auswertung erfolgte mit dem Programm IBM SPSS Statistics, Version 24.

Zunächst wurden deskriptive Analysen ausgeführt. Diese lieferten dann im Ergebnis absolute und relative Häufigkeiten sowie Mittelwerte und Standardabweichungen.

Zusammenhänge zwischen qualitativen Variablen wurden mittels Kontingenztafelanalysen untersucht, wobei der Chi-Quadrat-Test nach Pearson Anwendung fand. Gruppenvergleiche bezüglich quantitativer Variablen erfolgten mit Mann-Whitney-U-Tests. Änderungen der MRT-Daten (präoperativ vs. postoperativ) wurden mittels Wilcoxon-Paardifferenzentests untersucht. Dies geschah separat für beide Gruppen. Statistische Signifikanz wurde für Werte von $p < 0,05$ angenommen.

3. Ergebnisse

3.1 Alter der Patienten

Das Patientenkollektiv in der Studie umfasste 293 Patienten mit einem durchschnittlichen Alter von $42,5 \pm 5,1$ Jahren. 165 davon befinden sich in der Prothesengruppe (Gruppe P) und 128 in der Fusion-Gruppe (Gruppe F).

In dieser Studie wurden nur die Patienten mit einem Alter von 25 bis 50 Jahren zum ersten OP-Zeitpunkt miteingeschlossen. Das durchschnittliche Alter der Patienten der Gruppe P betrug $41,3 \pm 5,1$ Jahre (Mindestalter 25 J. / Höchstalter 50 J.) und das der Patienten in Gruppe F $44,2 \pm 4,8$ Jahre (Mindestalter 28 J. / Höchstalter 50 J.). Der Altersunterschied zwischen beiden Gruppen war signifikant ($p < 0,001$).

3.2 Geschlechtsverteilung

Von dem Gesamtkollektiv waren 142 Patienten (48,5%) weiblich und 151 Patienten (51,5%) männlich. In der Prothesen-Gruppe betrug die Geschlechtsverteilung weiblich zu männlich 82 zu 83. In der Fusion-Gruppe lag sie bei 60 zu 68 (Abbildung 1).

In beiden Gruppen besteht kein signifikanter Unterschied in der Geschlechtsverteilung (Chi-Quadratstest, $p = 0,632$).

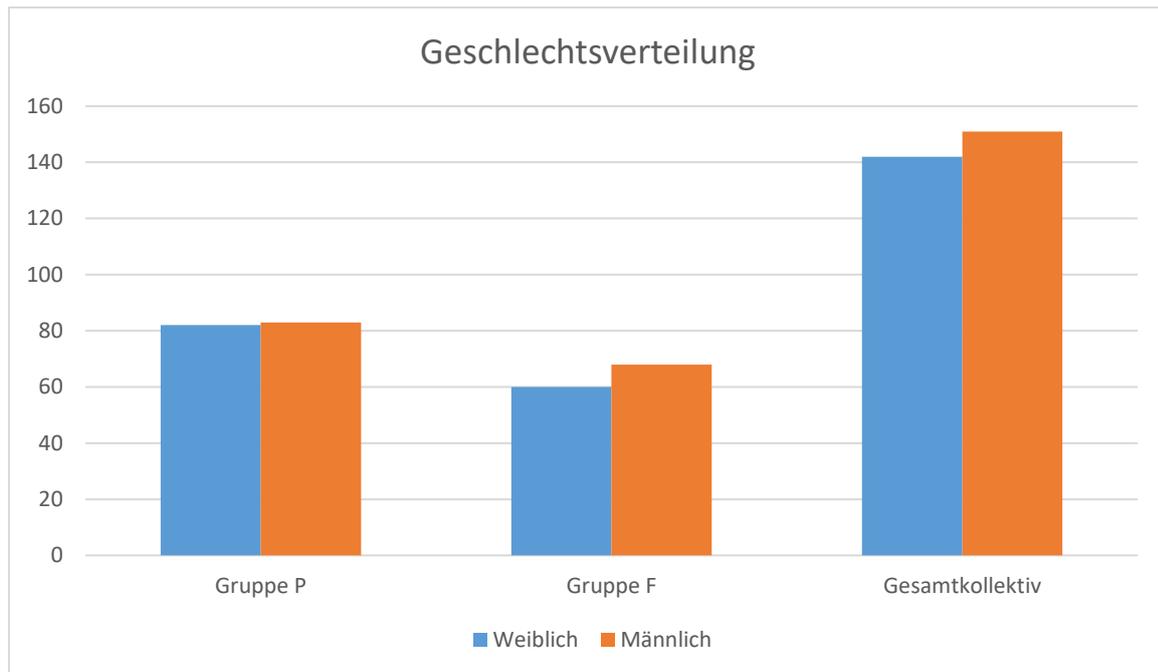


Abbildung 1: Geschlechtsverteilung im Gesamtkollektiv und in beiden Gruppen

3.3 Segmentverteilung

Am häufigsten wurden im Gesamtkollektiv die Segmente HWK 6/7 (127-mal (43,3%)) und HWK 5/6 (126-mal (43,0%)) operiert. Das Segment HWK 4/5 wurde 26-mal (8,9%) operiert und das Segment HWK 3/4 elfmal (3,8%). Am seltensten wurde das Segment HWK7/THK1 (dreimal (1%)) operiert.

Die Segmentverteilung in Gruppe P war wie folgt: Das Segment HWK 5/6 77-mal (46,7%), das Segment HWK 6/7 75-mal (45,5%), das Segment HWK 4/5 elfmal (6,7%) und das Segment HWK 3/4 zweimal (1,2%). Das Segment HWK7/THK1 wurde in dieser Gruppe nicht versorgt.

In Gruppe F war die Segmentverteilung wie folgt: Das Segment HWK 6/7 52-mal (40,6%), das Segment HWK 5/6 49-mal (38,3%), das Segment HWK 4/5 15-mal (11,7%), das Segment 3/4 neunmal (7%) und das Segment HWK7/THK1 dreimal (2,3%) (Abbildung 2).

Zwischen den Segmentverteilungen der beiden Gruppen zeigte sich ein statistisch signifikanter Unterschied (Chi-Quadrat-Test, $p=0,005$).

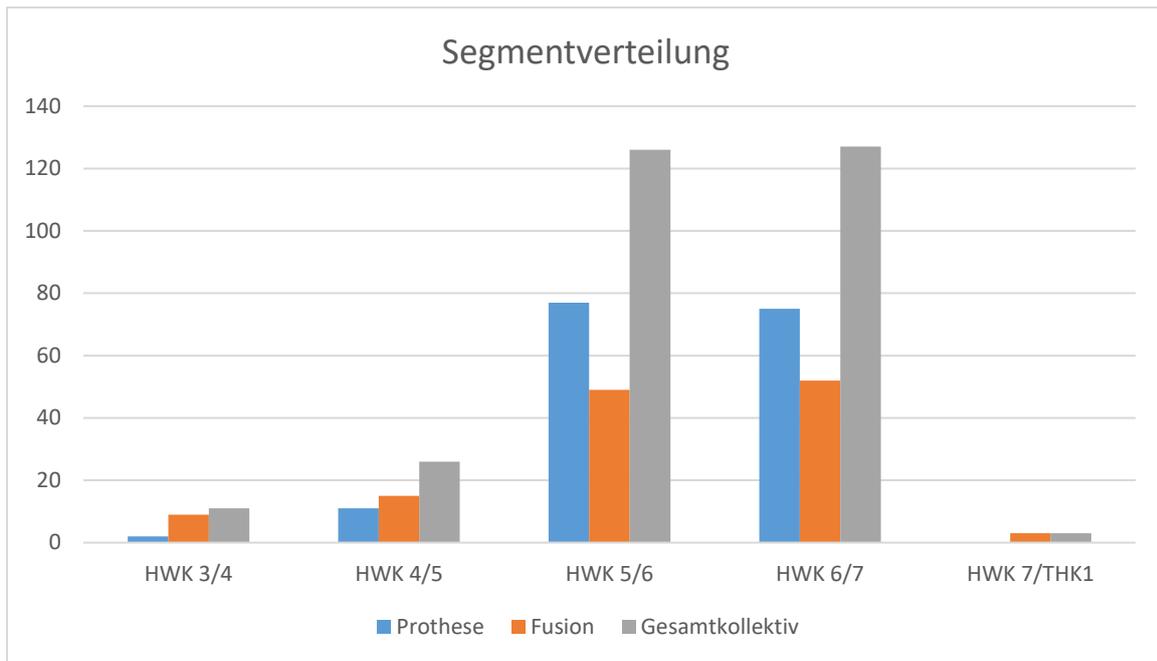


Abbildung 2: Segmentverteilung im Gesamtkollektiv und in beiden Gruppen

3.4 Implantate

Implantate in Gruppe P:

Bei 117 Patienten (70,9%) in Gruppe P wurde eine Bryan-Prothese implantiert, bei den anderen 48 Patienten (29,1%) wurde eine M6-Prothese benutzt.

Implantate in Gruppe F:

In Gruppe F erhielten zwei Patienten (1,6%) ein Carbon-Implantat, 14 Patienten (10,9%) Knochenzement, 43 Patienten (33,6%) ein Peek-Implantat und 69 Patienten (53,9%) ein Titan-Implantat (Abbildung 3).

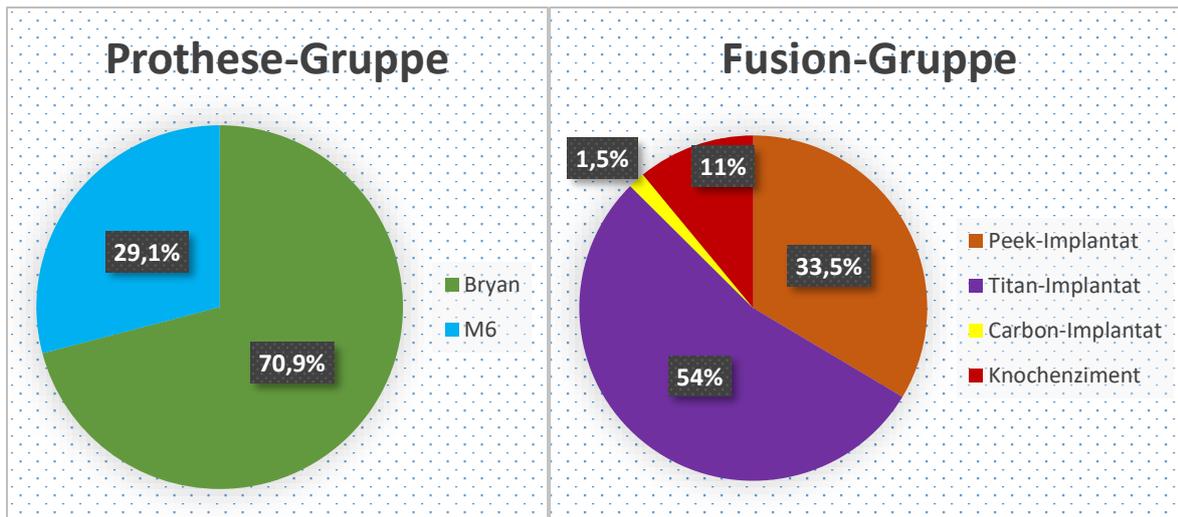


Abbildung 3: Implantate in beiden Gruppen

3.5 Patienten mit einer Operation im Anschlusssegment

21 von 293 Patienten erhielten eine Operation an einem Anschlusssegment (Tabelle 4 und 5).

3.5.1 Anzahl der Patienten mit einer Operation im Anschlusssegment

Im gesamten Patientenkollektiv wurde bei 21 von 293 Patienten (7,2%) ein Anschlusssegment operiert. In Gruppe P erhielten elf von 165 Patienten (6,7%) eine Operation an einem Anschlusssegment. Die durchschnittliche Zeit zwischen beiden Operationen lag bei $4,5 \pm 1,8$ Jahren. In Gruppe F erhielten zehn von 128 Patienten (7,8%) durchschnittlich $4,2 \pm 3,2$ Jahre nach der ersten Operation (Abbildung 4) eine Anschlusssegment-Operation.

Statistisch gesehen besteht in Bezug auf die Inzidenz der Operation an einem Anschlusssegment kein signifikanter Unterschied zwischen der Anwendung von Prothesen und den anderen Fusionsmitteln (Chi-Quadrat-Test, $p=0,706$). Auch bezüglich der Zeiträume zwischen den beiden Operationen ergab sich kein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen (Mann-Whitney-Test, $p=0,713$).

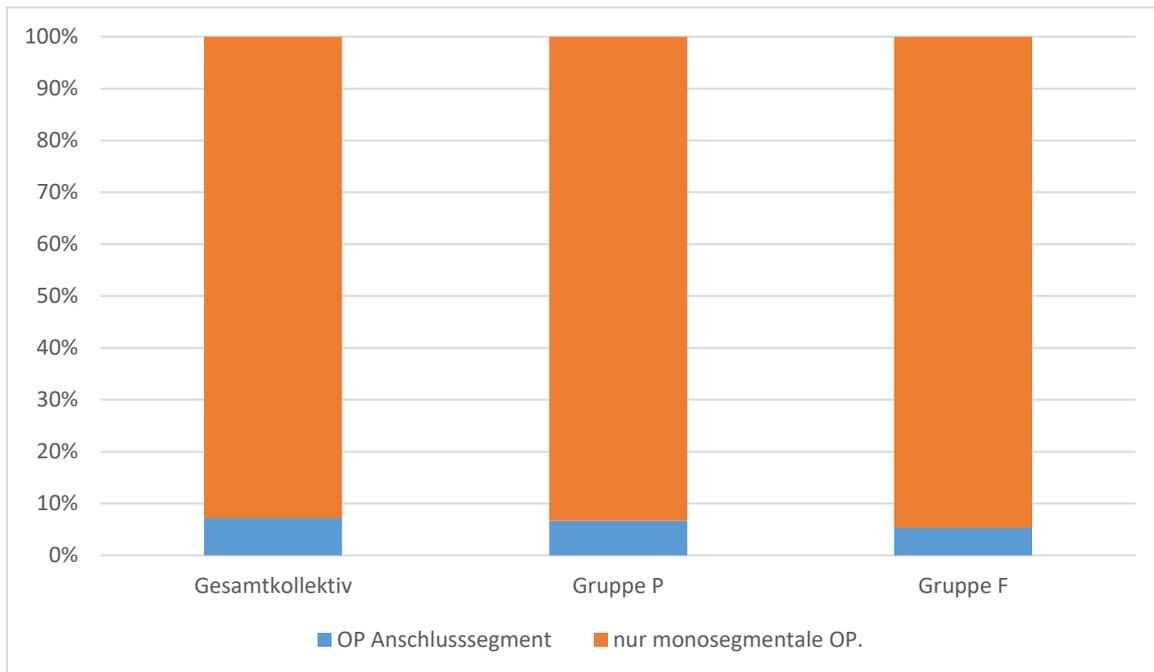


Abbildung 4: Häufigkeit der Patienten mit einer Operation im Anschlusssegment im Gesamtkollektiv und in beiden Gruppen

3.5.2 Alter der Patienten mit Operation im Anschlusssegment

Das Durchschnittsalter des gesamten Patientenkollektivs betrug $42,6 \pm 5,2$ Jahre (Mindestalter 25 J. / Höchstalter 50 J.). Bei den Patienten mit einer Operation an einem Anschlusssegment in beiden Gruppen zusammen betrug das Durchschnittsalter bei der ersten Operation $43,1 \pm 4,2$ Jahre (Mindestalter 35 J. / Höchstalter 50 J.) und das durchschnittliche Alter bei der Operation an dem Anschlusssegment $47,4 \pm 5,2$ Jahre (Mindestalter 36 J. / Höchstalter 59 J.).

In Gruppe P wurden elf Patienten im Verlauf an einem Anschlusssegment operiert. Das durchschnittliche Alter zum ersten OP-Zeitpunkt für diese Patienten betrug $41,8 \pm 3,3$ Jahre (Mindestalter 38 J. / Höchstalter 49 J.) und das durchschnittliche Alter zur Zeit der Operation an dem Anschlusssegment betrug $46,3 \pm 4,4$ Jahre (Mindestalter 41 J. / Höchstalter 56 J.).

In Gruppe F war das durchschnittliche Alter der zehn Patienten zum ersten OP-Zeitpunkt $44,5 \pm 4,7$ Jahre (Mindestalter 35 J. / Höchstalter 50 J.), während das durchschnittliche Alter zur Zeit der Operation an dem Anschlusssegment $48,6 \pm 5,9$ Jahre (Mindestalter 36 J. / Höchstalter 59 J.) betrug. Der Altersunterschied zwischen

beiden Gruppen zum Zeitpunkt der Anschlusssegment-Operation war nicht signifikant (Mann-Whitney-Test, $p=0,201$).

Zwischen dem Alter zum Zeitpunkt der ersten Operation und dem Auftreten bzw. der Inzidenz einer Operation eines Anschlusssegments zeigte sich ebenfalls kein signifikanter Zusammenhang (Mann-Whitney-Test, $p=0,885$).

3.5.3 Geschlechtsverteilung bei den Patienten mit Operation im Anschlusssegment

Von den insgesamt 21 Patienten mit einer Operation an einem Anschlusssegment waren 15 (71,43%) Patienten weiblich und sechs (28,57%) Patienten männlich. Von den elf Patienten mit einer Operation an einem Anschlusssegment in Gruppe P waren acht Patienten (72,73%) weiblich und drei (27,27%) männlich. In Gruppe F war die Geschlechtsverteilung der Patienten mit einer Operation an einem Anschlusssegment folgendermaßen: sieben Patienten (70%) waren weiblich, drei Patienten (30%) männlich (Abbildung 5).

Die Geschlechtsverteilung zwischen beiden Gruppen mit Operation an einem Anschlusssegment war nicht signifikant ($p=1,000$). Es zeigte sich allerdings ein signifikanter Zusammenhang zwischen der Geschlechtsverteilung im gesamten Patientenkollektiv und dem Auftreten bzw. der Inzidenz einer Operation an einem Anschlusssegment (Chi-Quadrat-Test, $p=0,029$).

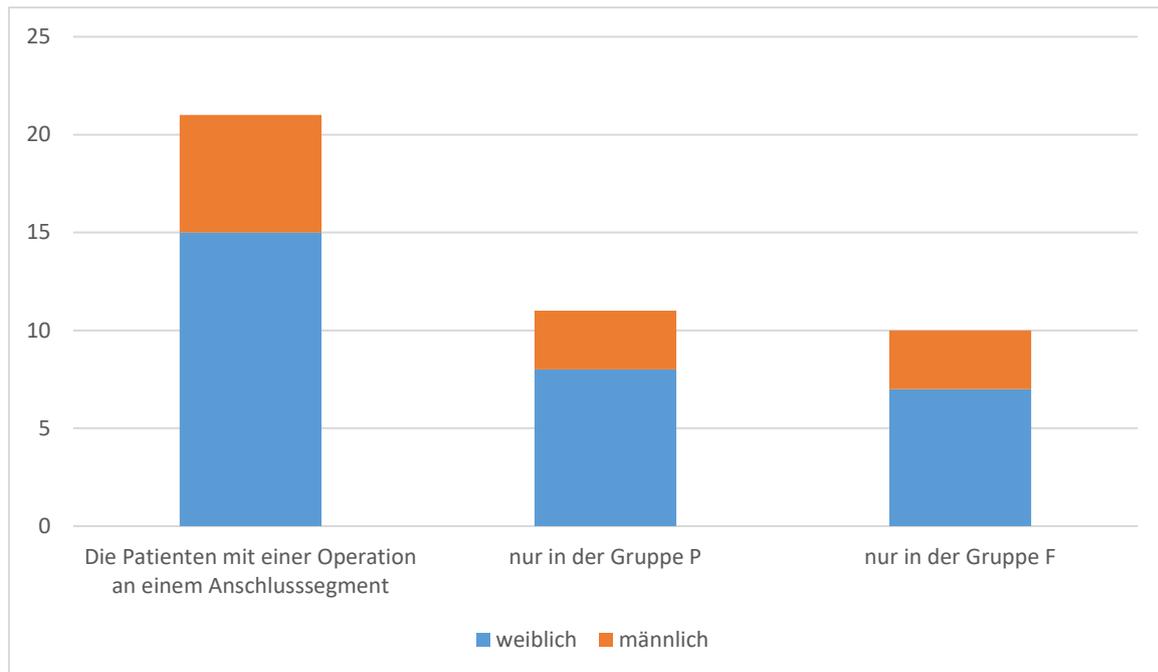


Abbildung 5: Geschlechtsverteilung bei den Patienten mit Operation im Anschlusssegment im Gesamtkollektiv und in beiden Gruppen

3.5.4 Segmentverteilung bei den Patienten mit Operation im Anschlusssegment

Die Segmentverteilung bei den 21 Patienten mit einer Operation an einem Anschlusssegment bei der ersten Operation war wie folgt:

Das Segment HWK 5/6 wurde zehnmal (47,6%) und damit am häufigsten operiert, gefolgt von Segment HWK 6/7 mit sieben (33,3%), Segment HWK 4/5 mit drei (14,3%) und Segment 3/4 mit einer Operation (4,8%).

Bei den 11 Patienten in Gruppe P war die Verteilung folgendermaßen:

Das Segment HWK 5/6 wurde sechsmal (54,5%) operiert, das Segment HWK 6/7 viermal (36,4%) und das Segment 4/5 einmal (9,1%).

Bei den zehn Patienten in Gruppe F war die Verteilung wie folgt:

Das Segment HWK 5/6 wurde viermal (40%) operiert, das Segment HWK 6/7 dreimal (30%), das Segment HWK 4/5 zweimal (20%), und das Segment HWK 3/4 einmal (10%) (Abbildung 6).

Die Segmentverteilung zwischen beiden Gruppen mit Operation an einem Anschlusssegment war nicht signifikant ($p=0,775$). Es bestand auch kein signifikanter Zusammenhang zwischen der Segmentverteilung des Gesamtkollektivs und dem

Auftreten bzw. der Inzidenz einer Operation an einem Anschlusssegment (Chi-Quadrat-Test, $p=0,788$).

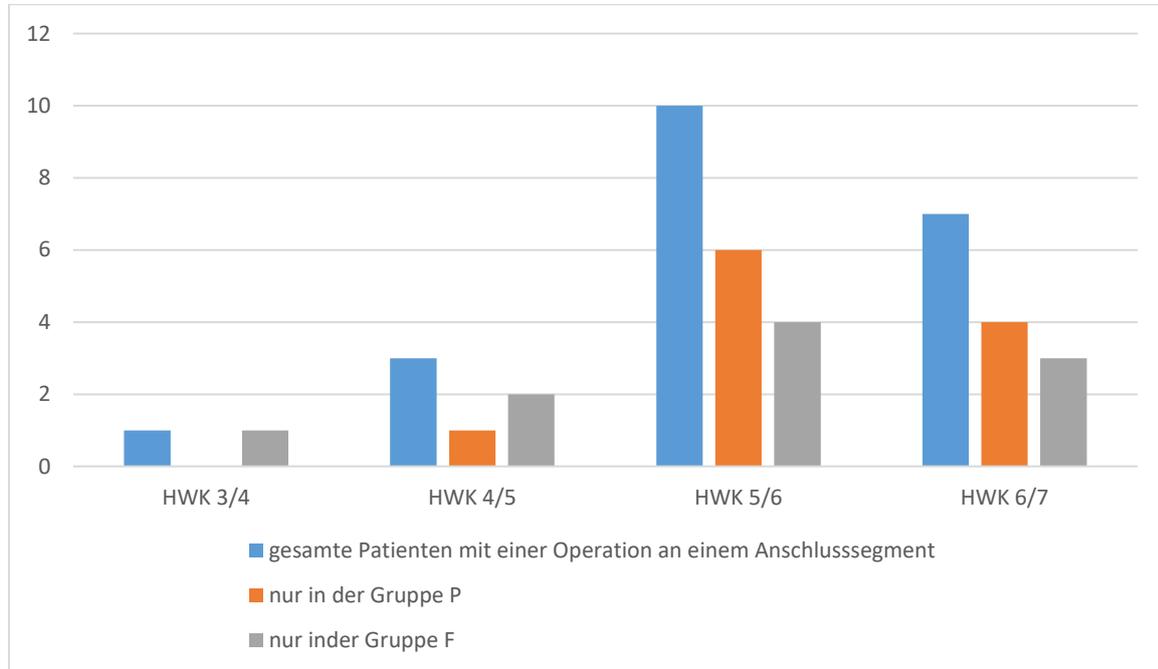


Abbildung 6: Segmentverteilung bei den Patienten mit einer Operation an einem Anschlusssegment

Bei der Operation an dem Anschlusssegment in Gruppe P wurde bei sechs Patienten das obere Anschlusssegment operiert, bei den anderen fünf Patienten das untere Anschlusssegment. In Gruppe F wurde bei vier Patienten das obere Anschlusssegment und bei fünf Patienten das untere Anschlusssegment operiert. Bei einem Patienten wurden beide Anschlusssegmente in einer Operation versorgt.

Die Verteilung der Operationen an oberen und unteren Anschlusssegmenten zwischen beiden Gruppen erwies sich als nicht signifikant ($p=1,000$). Bei zwei Patienten der Gruppe P wurde bei der Operation an dem Anschlusssegment ein zweites, nicht benachbartes Segment versorgt. Bei einem Patienten in Gruppe P wurde neben dem Anschlusssegment das in der ersten Operation operierte Segment als Rezidiv-Spinalkanalstenose mitversorgt.

3.5.5 Implantate der Patienten mit einer Operation an einem Anschlusssegment

Bei sechs der elf Patienten mit einer Anschlusssegment-Operation in Gruppe P (54,5%) wurde in der ersten Operation eine M6-Prothese implantiert. Bei den anderen fünf Patienten (45,5%) wurde eine Bryan-Prothese benutzt.

Von den insgesamt 165 Patienten in Gruppe P erhielten 48 eine M6-Prothese, wovon bei sechs Patienten eine Operation an einem Anschlusssegment durchgeführt wurde. Die Rate der Anschlusssegment-Operation bei M6-Prothese betrug sechs von 48 (12,5%). Auf der anderen Seite wurde bei nur fünf von 117 Patienten mit einer Bryan-Prothese (4,3%) ein Anschlusssegment operiert (Abbildung 7).

Es zeigte sich ein tendenziell signifikanter Zusammenhang zwischen der Art der Prothese und dem Auftreten einer Anschlusssegment-Operation (Chi-Quadrat-Test, $p=0,081$).

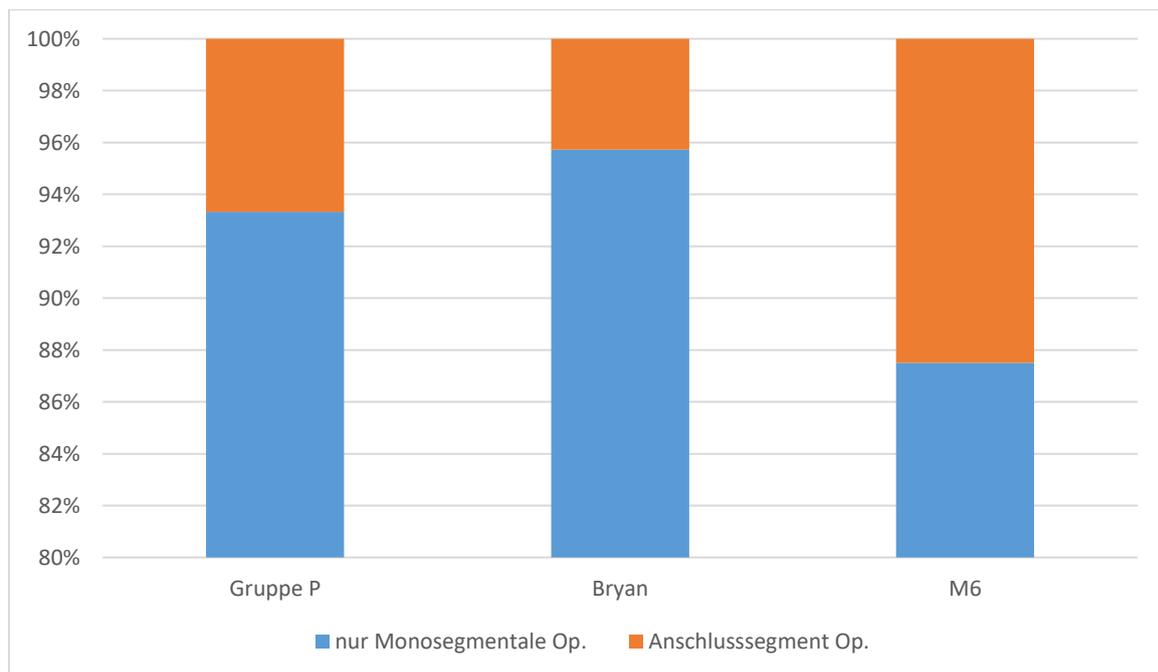


Abbildung 7: Rate von Anschlusssegment-Operationen bei den Patienten mit M6 und Bryan-Prothesen

In Gruppe F erhielten fünf von zehn Patienten mit einer Operation an einem Anschlusssegment bei der ersten Operation ein Peek-Implantat, vier Patienten ein Titan-Implantat und ein Patient Knochenzement.

Von den 43 Peek-Implantat-Patienten in dieser Gruppe erhielten fünf (11,6%) eine Operation an einem Anschlusssegment. Bei den Titan-Implantat-Patienten betrug die Rate vier von 69 Patienten (5,8%) und bei den Knochenzement-Patienten einer von 14 Patienten (7,1%). Keiner der zwei Patienten mit Carbon-Implantat wurde an einem Anschlusssegment operiert. In Gruppe F zeigte sich kein Zusammenhang zwischen der Art des Implantats und dem Auftreten einer Anschlusssegment-Operation (Chi-Quadrat-Test, $p=0,707$).

	Geschlecht	Segment bei der ersten OP	Jahr der ersten OP	Alter bei der ersten OP	Implantate bei der ersten OP	Segment bei der zweiten OP	Jahr der zweiten OP	Alter bei der zweiten OP	Implantate bei der zweiten OP
Pat. 1	w	4/5	2007	42	M6-Prothese	5/6, 6/7	2012	47	Peek-Implantat
Pat. 2	w	6/7	2009	42	M6-Prothese	5/6	2015	48	Peek-Implantat
Pat. 3	w	5/6	2009	42	M6-Prothese	5/6, 6/7	2010	43	Peek-Implantat
Pat. 4	w	6/7	2006	43	Bryan-Prothese	5/6	2009	46	Peek-Implantat
Pat. 5	w	5/6	2004	46	Bryan-Prothese	6/7	2009	51	Peek-Implantat
Pat. 6	w	5/6	2007	49	M6-Prothese	3/4, 4/5	2014	56	Peek-Implantat
Pat. 7	w	5/6	2005	38	Bryan-Prothese	6/7	2009	42	M6-Prothese
Pat. 8	m	5/6	2005	38	Bryan-Prothese	6/7	2008	41	Peek-Implantat
Pat. 9	w	5/6	2008	39	M6-Prothese	6/7	2012	43	Peek-Implantat
Pat. 10	m	6/7	2008	40	M6-Prothese	5/6	2012	44	Peek- Implantat
Pat. 11	m	6/7	2007	41	Bryan-Prothese	5/6	2014	48	Knochenzement

Tabelle 4: Patienten mit einer Operation an einem Anschlusssegment in Gruppe P

	Geschlecht	Segment bei der ersten OP	Jahr der ersten OP	Alter bei der ersten OP	Implantate bei der ersten OP	Segment bei der zweiten OP	Jahr der zweiten OP	Alter bei der zweiten OP	Implantate bei der zweiten OP
Pat. 1	w	4/5	2009	35	Peek-Implantat	5/6	2010	36	Peek-Implantat
Pat. 2	w	5/6	2005	41	Titan-Implantat	6/7	2011	47	Peek-Implantat
Pat. 3	w	5/6	2007	42	Knochenzement	4/5	2011	46	Peek-Implantat
Pat. 4	m	5/6	2010	42	Peek-Implantat	4/5, 6/7	2015	47	Peek-Implantat
Pat. 5	w	6/7	2007	45	Peek-Implantat	5/6	2010	47	Peek-Implantat
Pat. 6	w	5/6	2009	46	Peek-Implantat	6/7	2013	50	Peek-Implantat
Pat. 7	w	6/7	2005	49	Titan-Implantat	5/6	2015	59	Peek-Implantat
Pat. 8	w	4/5	2009	50	Peek-Implantat	5/6	2009	50	Peek-Implantat
Pat. 9	m	6/7	2006	50	Titan-Implantat	5/6	2007	51	Titan-Implantat
Pat. 10	m	3/4	2003	45	Titan-Implantat	4/5	2011	53	Peek-Implantat

Tabelle 5: Patienten mit einer Operation an einem Anschlusssegment in Gruppe F

3.6 Radiologische Auswertung

Die MRT-Bilder der Patienten mit einer Operation an einem Anschlusssegment wurden in beiden Gruppen ausgewertet. Dafür wurde das bereits in dem Kapitel „Material und Methoden“ erklärte Bewertungssystem benutzt (s. Tab. 3). Die Auswertung betrachtet nur das in der zweiten Operation operierte Anschlusssegment und beurteilt die degenerative Veränderung nach dem erstellten Bewertungssystem zwischen zwei Phasen: die präoperative Phase des Anschlusssegments bei der ersten Operation und die präoperative Phase des gleichen Segments bei der zweiten Operation (der Operation an dem Anschlusssegment). Von 13 der 21 Patienten mit der Anschlusssegment-Operation waren Bilder verfügbar. Die Bilder der übrigen Patienten konnten nicht ermittelt werden. Die Gründe dafür waren unterschiedlich: Die Bilder wurden in dem System nicht eingelesen, die Patienten konnten nicht erreicht werden oder die Bilder gingen verloren und stehen nicht mehr zur Verfügung. In dieser radiologischen Auswertung wurden die Bilder von 13 Patienten beurteilt, und zwar von sechs Patienten der Gruppe P (vier Patienten mit M6-Prothese und zwei mit Bryan-Prothese) und sieben Patienten der Gruppe F (vier Patienten mit Peek-Implantat, zwei mit Titan-Implantat und ein Patient mit Knochenzement). Ein Patient der Gruppe F wurde in zwei Anschlusssegmenten operiert, und beide

Segmente konnten radiologisch beurteilt werden. Insgesamt wurden bei den 13 Patienten 14 Anschlusssegmente beurteilt. Es kam zu folgenden Ergebnissen:

3.6.1 Signal der Bandscheibe im MRT in T2-Wichtung

Hier sollte die Intensität der T2-Wichtung der Bandscheibe beurteilt werden. Wir gaben null Punkte, wenn die T2-Intensität der Bandscheibe hoch oder leicht gemindert der Intensität des Liquors entsprach, einen Punkt bei deutlicher Minderung und zwei Punkte, wenn keine Signalintensität (schwarz) vorlag.

Von den 14 Anschlusssegmenten in beiden Gruppen wurde vor der ersten Operation bereits bei vier Segmenten (28,6%) eine Veränderung an der Signalintensität der Bandscheibe mit insgesamt vier Punkten und einer durchschnittlichen Punktzahl von $0,29 \pm 0,47$ Punkten pro Segment gesehen. Vor der zweiten Operation lag die Gesamt-Punktzahl bei 13 Punkten mit einer durchschnittlichen Punktzahl von $0,93 \pm 0,48$ Punkten pro Segment. Der Progress der Punkte zwischen beiden Operationen in beiden Gruppen betrug neun Punkte mit durchschnittlichem Progress von $0,64 \pm 0,50$ Punkte pro Segment.

In der Prothesen-Gruppe mit sechs Anschlusssegmenten lag die Punktzahl vor der ersten Operation bei drei Punkten mit einer durchschnittlichen Punktzahl von $0,50 \pm 0,55$ Punkte pro Segment. Vor der zweiten Operation stieg die Punktzahl auf insgesamt sieben mit einer durchschnittlichen Punktzahl von $1,17 \pm 0,41$ Punkte pro Segment. Der Progress in dieser Gruppe war vier Punkte mit durchschnittlichem Progress von $0,67 \pm 0,52$ Punkte pro Segment. In vier von sechs Anschlusssegmenten (66,6%) hat sich die Signalintensität der Bandscheibe in der Prothesengruppe verändert (Tabelle 6 und 7).

In der Fusion-Gruppe mit acht Segmenten wurde vor der ersten Operation bei einem Segment eine Veränderung an der Signalintensität der Bandscheibe mit insgesamt einem Punkt und einer durchschnittlichen Punktzahl von $0,13 \pm 0,35$ Punkten pro Segment bewertet. Vor der zweiten Operation stieg die Punktzahl auf insgesamt sechs Punkte mit einer durchschnittlichen Punktzahl von $0,75 \pm 0,46$ Punkte pro Segment. Der Punkteprogress in dieser Gruppe betrug fünf Punkte mit einem durchschnittlichen Progress von $0,63 \pm 0,52$ Punkte pro Segment. In der

Fusionsgruppe hat sich in fünf von acht Anschlusssegmenten (62,5%) die Signalintensität der Bandscheibe verändert (Tabelle 6 und 8).

Bezüglich der magnetresonanztomographischen Veränderung der Signalintensität der Bandscheibe zeigte sich kein Unterschied zwischen den Prothesen / TDA und der ACDF (Chi-Quadrat-Test, $p=1,000$ bzw. Mann-Whitney-Test, $p=1,000$).

	Vor der 1. OP	Vor der 2. OP	Punkteprogress
Gruppe P	0,5	1,17	0,67
Gruppe F	0,13	0,75	0,63

Tabelle 6: Durchschnittliche Punktzahl und Progress pro Segment in jeder Gruppe bei Veränderung der Signalintensität der Bandscheibe

	Punktezahl vor der 1. OP	Punktezahl vor der 2. OP	Progress der Punktzahl
Seg. 1	1	2	1
Seg. 2	0	1	1
Seg. 3	0	1	1
Seg. 4	1	1	0
Seg. 5	0	1	1
Seg. 6	1	1	0
Total	3	7	4

Tabelle 7: Punktzahl der Veränderung der Signalintensität der Bandscheibe in Gruppe P

	Punktezahl vor der 1. OP	Punktezahl vor der 2. OP	Progress der Punktezahl
Seg. 1	0	1	1
Seg. 2	0	1	1
Seg. 3	0	1	1
Seg. 4	0	1	1
Seg. 5	0	0	0
Seg. 6	1	1	0
Seg. 7	0	1	1
Seg. 8	0	0	0
Total	1	6	5

Tabelle 8: Punktezahl der Veränderung der Signalintensität der Bandscheibe in Gruppe F

3.6.2 Posteriore Bandscheibenprotrusion

Hier wurden null Punkte vergeben, wenn die Bandscheibe an der vertikalen Ebene der hinteren Kante des Wirbelkörpers begrenzt war, ein Punkt bei einer Protrusion ohne Kompression des Myelons und zwei Punkte bei einer Bandscheibenvorwölbung mit Kompression des Myelons.

Von den 14 Segmenten in beiden Gruppen bestand bei 12 Segmenten (85,7%) bereits vor der ersten Operation eine posteriore Bandscheibenprotrusion mit insgesamt 12 Punkten und einer durchschnittlichen Punktezahl von $0,86 \pm 0,36$ Punkten pro Segment. Vor der zweiten Operation verdoppelte sich die Punktezahl auf 24 Punkte: Die durchschnittliche Punktezahl betrug $1,71 \pm 0,47$ Punkte pro Segment. Der Progress in beiden Gruppen lag bei 12 Punkten und der durchschnittliche Progress war $0,86 \pm 0,36$ Punkte pro Segment.

Von den sechs Segmenten der Prothesen-Gruppe ergaben sich bei 4 Segmenten bereits vor der ersten Operation insgesamt vier Punkte und eine durchschnittliche Punktezahl von $0,67 \pm 0,52$ Punkten pro Segment. Die Punktezahl stieg vor der zweiten

Operation auf zehn Punkte mit einer durchschnittlichen Punktzahl von $1,67 \pm 0,52$ Punkte pro Segment. Der Punkteprogress bei Prothesen war sechs Punkte bei sechs Segmenten mit einem durchschnittlichen Progress von einem Punkt. Jedes der sechs Segmente in der Prothesen-Gruppe hat mehr Bandscheibenprotrusion zwischen beiden Phasen entwickelt (Tabelle 9 und 10).

In Gruppe F ergab sich bei jedem der acht Segmente bereits ein Punkt vor der ersten Operation, insgesamt waren es acht Punkte und eine durchschnittliche Punktzahl von einem Punkt pro Segment. Vor der zweiten Operation lag die Gesamt-Punktzahl bei 14 Punkten mit durchschnittlicher Punktzahl von $1,75 \pm 0,46$ Punkten pro Segment. Der Progress in dieser Gruppe betrug insgesamt sechs Punkte, durchschnittlich $0,75 \pm 0,4$ Punkte pro Segment. Bei der Fusionsgruppe entwickelten sechs von acht Segmenten (75%) mehr Protrusion zwischen beiden Operationen (Tabelle 9 und 11).

Bezüglich der magnetresonanztomographischen Veränderung der posterioren Bandscheibenprotrusion zeigte sich kein Unterschied zwischen den Prothesen / TDA und der ACDF (Chi-Quadrat-Test, $p=0,473$ bzw. Mann-Whitney-Test, $p=0,473$).

	Vor der 1. OP	Vor der 2. OP	Punkteprogress
Gruppe P	0,67	1,67	1
Gruppe F	1	1,75	0,75

Tabelle 9: Durchschnittliche Punktzahl und Progress pro Segment in jeder Gruppe bei der posterioren Bandscheibenprotrusion.

	Punktezahl vor der 1. OP	Punktezahl vor der 2. OP	Progress der Punktezahl
Seg. 1	1	2	1
Seg. 2	1	2	1
Seg. 3	0	1	1
Seg. 4	0	1	1
Seg. 5	1	2	1
Seg. 6	1	2	1
Total	4	10	6

Tabelle 10: Punktezahl bei der posterioren Bandscheibenprotrusion in Gruppe P

	Punktezahl vor der 1. OP	Punktezahl vor der 2. OP	Progress der Punktezahl
Seg. 1	1	1	0
Seg. 2	1	2	1
Seg. 3	1	2	1
Seg. 4	1	2	1
Seg. 5	1	2	1
Seg. 6	1	2	1
Seg. 7	1	2	1
Seg. 8	1	1	0
Total	8	14	6

Tabelle 11: Punktezahl bei der posterioren Bandscheibenprotrusion in Gruppe F

3.6.3 Verminderung der Bandscheibenhöhe

Es gab null Punkte bei einer Verschmälerung der Bandscheibenhöhe von weniger als 25% im Vergleich zur Höhe der nächsten normalen benachbarten Bandscheibe.

Bei einer Verschmälerung zwischen 25% und 50% der Bandscheibenhöhe gab es einen Punkt und bei einer Verschmälerung von mehr als 50% zwei Punkte.

In beiden Gruppen zusammen betrug die Punktzahl vor der ersten Operation vier Punkte mit einer durchschnittlichen Punktzahl von $0,29 \pm 0,47$ Punkten pro Segment. Die Punktzahl vor der zweiten Operation stieg in beiden Gruppen zusammen auf 16 Punkte mit durchschnittlicher Punktzahl von $1,14 \pm 0,66$ Punkten pro Segment. Der Progress in beiden Gruppen zusammen war 12 Punkte mit durchschnittlichem Progress von $0,86 \pm 0,54$ Punkten pro Segment.

In Gruppe P wurde bei zwei der sechs Segmente bereits vor der ersten Operation eine Verminderung der Bandscheibenhöhe mit jeweils einem Punkt notiert. Die durchschnittliche Punktzahl vor der ersten Operation war $0,33 \pm 0,52$ Punkten pro Segment. Vor der zweiten Operation betrug die Punktzahl in der Prothesengruppe sieben Punkte mit durchschnittlicher Punktzahl von $1,17 \pm 0,75$ Punkte pro Segment. Der Progress in Gruppe P lag bei fünf Punkten mit einem durchschnittlichen Progress von $0,83 \pm 0,41$ Punkte pro Segment. In fünf der sechs Segmente (83,3%) wurden Veränderungen in der Bandscheibenhöhe bemerkt (Tabelle 12 und 13).

In Gruppe F betrug die Punktzahl vor der ersten Operation in den acht Segmenten insgesamt zwei Punkte mit einer durchschnittlichen Punktzahl von $0,25 \pm 0,46$ Punkten pro Segment. Vor der zweiten Operation betrug die Gesamt-Punktzahl 9, mit einer durchschnittlichen Punktzahl von $1,13 \pm 0,64$ Punkten pro Segment. Der Punkteprogress in der Fusionsgruppe betrug sieben Punkte mit einem durchschnittlichen Progress von $0,88 \pm 0,64$ Punkte pro Segment. In dieser Gruppe wurde bei zwei von acht Patienten (25%) keine Verminderung der Bandscheibenhöhe zwischen beiden Phasen bemerkt, bei einem Patienten wurde aber ein Progress von zwei Punkten zwischen den Phasen notiert (Tabelle 12 und 14).

Bezüglich der magnetresonanztomographischen Veränderungen der Bandscheibenhöhe zeigte sich kein Unterschied zwischen den Prothesen / TDA und der ACDF (Chi-Quadrat-Test, $p=1,000$ bzw. Mann-Whitney-Test, $p=1,000$).

	Vor der 1. OP	Vor der 2. OP	Punkteprogress
Gruppe P	0,33	1,17	0,83
Gruppe F	0,25	1,13	0,88

Tabelle 12: Durchschnittliche Punktzahl und Progress der Verminderung der Bandscheibenhöhe pro Anschlusssegment in jeder Gruppe

	Punktezahl vor der 1. OP	Punktezahl vor der 2. OP	Progress der Punktzahl
Seg. 1	0	1	1
Seg. 2	0	1	1
Seg. 3	0	1	1
Seg. 4	1	2	1
Seg. 5	1	2	1
Seg. 6	0	0	0
Total	2	7	5

Tabelle 13: Punktzahl der Verminderung der Bandscheibenhöhe in Gruppe P

	Punktezahl vor der 1. OP	Punktezahl vor der 2. OP	Progress der Punktezahl
Seg. 1	0	0	0
Seg. 2	0	1	1
Seg. 3	0	1	1
Seg. 4	0	1	1
Seg. 5	1	2	1
Seg. 6	1	1	0
Seg. 7	0	2	2
Seg. 8	0	1	1
Total	2	9	7

Tabelle 14: Punktezahl der Verminderung der Bandscheibenhöhe in Gruppe F

3.6.4 Foraminalstenose

Hier wurden bei fehlender Foraminalstenose null Punkte vergeben und bei uni- oder bilateraler, durch Bandscheibe oder Knochen bedingter Foraminalstenose ein Punkt.

Bei sechs Anschlusssegmenten in beiden Gruppen wurde bereits vor der ersten Operation eine Foraminalstenose mit insgesamt sechs Punkten bemerkt. Vor der zweiten Operation entwickelte sich bei jedem Segment eine Foraminalstenose mit insgesamt 14 Punkten in den 14 Segmenten.

In Gruppe P betrug die Punktezahl vor der ersten Operation drei Punkte mit einer durchschnittlichen Punktezahl von $0,50 \pm 0,54$ Punkten pro Segment. Vor der zweiten Operation wurde bei den anderen drei Segmenten je ein Punkt gegeben. Insgesamt wurde also eine Punktezahl von sechs Punkten und eine durchschnittliche Punktezahl von einem Punkt pro Segment erreicht. Die Berechnung des Progresses ist hier nicht möglich, da drei Segmente bereits vor der ersten Operation die maximale Punktezahl erreicht hatten (Tabelle 15).

Die Ergebnisse in Gruppe F waren ähnlich. Drei Segmente hatten vor der ersten Operation jeweils einen Punkt erhalten. Insgesamt ergaben sich also drei Punkte mit einer durchschnittlichen Punktzahl von $0,38 \pm 0,52$ Punkten pro Segment. Vor der zweiten Operation wurde bei den anderen fünf Segmenten ein Punkt gegeben, mit einer Punktzahl von acht Punkten und einer durchschnittlichen Punktzahl von einem Punkt pro Segment. Hier ist die Berechnung des Progresses ebenfalls nicht möglich, da drei Segmente bereits vor der ersten Operation die maximale Punktzahl erreichten (Tabelle 16).

In Bezug auf die Entwicklung einer Foraminalstenose beim Anschlusssegment zeigte sich kein Unterschied zwischen den Prothesen (TDA) und der ACDF (Chi-Quadrat-Test, $p=1,000$ bzw. Mann-Whitney-Test, $p=1,000$).

	Punktezahl vor der 1. OP	Punktezahl vor der 2. OP
Seg. 1	0	1
Seg. 2	0	1
Seg. 3	1	1
Seg. 4	0	1
Seg. 5	1	1
Seg. 6	1	1
Total	3	6

Tabelle 15: Punktzahl bei der Foraminalstenose in Gruppe P

	Punktezahl vor der 1. OP	Punktezahl vor der 2. OP
Seg. 1	0	1
Seg. 2	0	1
Seg. 3	1	1
Seg. 4	1	1
Seg. 5	0	1
Seg. 6	1	1
Seg. 7	0	1
Seg. 8	0	1
Total	3	8

Tabelle 16: Punktzahl der Foraminalstenose in Gruppe F

3.6.5 Myelopathiesignal

Bei fehlendem Myelopathiesignal wurden null Punkte gegeben und bei bestehendem Myelopathiesignal ein Punkt.

Alle Segmente hatten vor der ersten Operation ein fehlendes Myelopathiesignal. Somit ergab sich eine Gesamtpunktzahl von null Punkten. Nur ein Segment hatte vor der ersten Operation einen Punkt entwickelt.

In Gruppe P betrug die Punktzahl sowohl vor der ersten als auch der zweiten Operation null Punkte. Es gab keinen Progress (Tabelle 17 und 18).

In Gruppe F betrug die Gesamtpunktzahl vor der ersten Operation null Punkte und vor der zweiten Operation einen Punkt mit einer durchschnittlichen Punktzahl von $0,13 \pm 0,35$ Punkten pro Segment. Der Progress betrug ebenfalls einen Punkt mit einem durchschnittlichen Progress von $0,13 \pm 0,3$ Punkte pro Segment (Tabelle 17 und 19).

Bezüglich der magnetresonanztomographischen Entwicklung eines Myelopathiesignals zeigte sich kein Unterschied zwischen den Prothesen / TDA und der ACDF (Chi-Quadrat-Test, $p=1,000$ bzw. Mann-Whitney-Test, $p=1,000$).

	Vor der 1. OP	Vor der 2. OP	Punkteprogress
Gruppe P	0	0	0
Gruppe F	0	0,13	0,13

Tabelle 17: Durchschnittliche Punktzahl und durchschnittlicher Progress des Myelopathiesignals pro Segment in jeder Gruppe

	Punktezahl vor der 1. OP	Punktezahl vor der 2. OP	Progress
Seg. 1	0	0	0
Seg. 2	0	0	0
Seg. 3	0	0	0
Seg. 4	0	0	0
Seg. 5	0	0	0
Seg. 6	0	0	0
Total	0	0	0

Tabelle 18: Punktzahl des Myelopathiesignals in Gruppe P

	Punktezahl vor der 1. OP	Punktezahl vor der 2. OP	Progress der Punktzahl
Seg. 1	0	0	0
Seg. 2	0	0	0
Seg. 3	0	0	0
Seg. 4	0	1	1
Seg. 5	0	0	0
Seg. 6	0	0	0
Seg. 7	0	0	0
Seg. 8	0	0	0
Total	0	1	1

Tabelle 19: Punktzahl des Myelopathiesignals in Gruppe F

3.6.6 Gesamt-Punktzahl

In beiden Gruppen betrug die Gesamt-Punktzahl in dem Bewertungssystem vor der 1. OP 26 Punkte – mit durchschnittlicher Punktzahl von $1,86 \pm 0,95$ Punkte pro Segment – und vor der 2. OP 68 Punkte, mit durchschnittlicher Punktzahl von $4,86 \pm 1,03$ Punkte pro Segment. Der Gesamt-Progress in beiden Gruppen zusammen beträgt 42 Punkte. Der durchschnittliche Progress betrug $3,00 \pm 1,18$ Punkte pro Segment.

In Gruppe P betrug die Gesamt-Punktzahl vor der 1. OP 12 Punkte mit durchschnittlicher Punktzahl von $2,00 \pm 0,89$ Punkten pro Segment. Vor der 2. OP lag die gesamte Punktzahl bei 30 Punkten, mit durchschnittlicher Punktzahl von $5,00 \pm 0,89$ Punkte pro Segment. Der Gesamt-Progress in dieser Gruppe war 18 Punkte. Der durchschnittliche Progress war $3,00 \pm 1,09$ Punkte pro Segment (Tabelle 20 und 21).

In Gruppe F betrug die Gesamt-Punktzahl vor der 1. OP 14 Punkte. Die durchschnittliche Punktzahl vor der 1. OP war $1,75 \pm 1,04$ Punkte pro Segment. Vor der 2. OP lag die Gesamt-Punktzahl bei 30 Punkten mit durchschnittlicher Punktzahl von $4,75 \pm 1,16$ Punkte pro Segment. Der Gesamt-Progress in Gruppe F betrug 18 Punkte mit durchschnittlichem Progress von $3,00 \pm 1,31$ Punkte pro Segment (Tabelle 20 und 22).

Bei der gesamten Punktzahl für die magnetresonanztomographische Anschlusssegment-Degeneration zeigte sich kein Unterschied zwischen den Prothesen und der ACDF.

	Vor der 1. OP	Vor der 2. OP	Punkteprogress
Gruppe P	2,0	5,0	3
Gruppe F	1,75	4,75	3

Tabelle 20: Durchschnittliche Gesamtpunktzahl und durchschnittlicher Gesamtprogress pro Segment in jeder Gruppe

	Punktezahl vor der 1. OP	Punktezahl vor der 2. OP	Progress der Punktezahl
Seg. 1	2	6	4
Seg. 2	1	5	4
Seg. 3	1	4	3
Seg. 4	2	5	3
Seg. 5	3	6	3
Seg. 6	3	4	1
Total	12	30	18

Tabelle 21: Gesamtpunktezahl in Gruppe P

	Punktezahl vor der 1. OP	Punktezahl vor der 2. OP	Progress der Punktezahl
Seg. 1	1	3	2
Seg. 2	1	5	4
Seg. 3	2	5	3
Seg. 4	2	6	4
Seg. 5	2	5	3
Seg. 6	4	5	1
Seg. 7	1	6	5
Seg. 8	1	3	2
Total	14	38	24

Tabelle 22: Gesamtpunktezahl in Gruppe F

4. Diskussion

4.1 Patienten

Aus verschiedenen anatomischen Gründen (breiteres Bandscheibenfach, weniger degenerative Veränderung, mehr Beweglichkeit des Segments etc.) wurde bei den monosegmentalen cervikalen Operationen eher bei jüngeren Patienten eine Prothese implantiert. Um die Vergleichbarkeit zwischen beiden Gruppen zu verbessern, wurden aus der Vergleichsgruppe mit Fusionierung nur die Patienten miteingeschlossen, die bei der ersten Operation zwischen 25 und 50 Jahre alt waren.

Hauptkritikpunkt an der retrospektiven Datenerhebung ist, dass uns nicht bekannt ist, ob die in der Studie eingeschlossenen Patienten auswärts erneut operiert wurden. Daher kann diese Auswertung nur als Anwendungsbeobachtung einer einzelnen Klinik angesehen werden.

4.2 Anzahl der Patienten mit einer Operation im Anschlusssegment

In der Prothesengruppe wurden elf Patienten (6,7%) von insgesamt 165 aufgrund einer Anschlusssegmenterkrankung operiert. Der Zeitraum zwischen beiden Operationen betrug ein bis sieben Jahr(e).

10 Patienten (7,8%) von insgesamt 128 in der Fusionsgruppe mussten an einer Anschlusssegmenterkrankung operiert werden. Der Zeitraum zwischen beiden Operationen erstreckte sich auf ein bis zehn Jahr(e).

Da beide Gruppen nur bedingt miteinander vergleichbar sind, können die Ergebnisdaten allenfalls Hinweise darauf geben, dass Prothesen in der Langzeitbetrachtung bei der Operation an einer Anschlusssegmenterkrankung positivere Effekte zeigen als eine ACDF. In der Literatur finden sich viele Studien, die sich jeweils im Hinblick auf die Ergebnisse und Beobachtungszeiträume an der Re-Operationsrate der angrenzenden Segmente unterscheiden.

Jiaquan Luo et al. verglichen die Inzidenz einer Operation an einem Anschlusssegment nach einer monosegmentalen Operation der HWS zwischen Prothesen und Fusion nach 24 Monaten. Die Rate bei den Patienten mit Prothesen

war 2,42% (13 von 536 Patienten) und bei den Patienten mit ACDF 4,9% (26 von 530 Patienten). Jiaquan Luo et al. kamen zu dem Ergebnis, dass die Prothesen eine signifikant niedrigere Inzidenz von Anschlusssegment-Erkrankung und Operationen des Anschlusssegments haben als die ACDF nach 24 Monaten Beobachtungszeit ($p=0,04$) [44].

Ki-Eun Chang et al. verglichen neun Studien mit Beobachtungszeiträumen zwischen 24 und 80 Monaten. Die Rate bei den Prothesenpatienten war 3,1% mit insgesamt 1864 Patienten, bei den Patienten mit ACDF war die Rate 6% mit insgesamt 1572 Patienten [45].

Kushagra et al. fanden jedoch bei der Anzahl der Operationen eines Anschlusssegments mit Verlaufskontrolle von zwei bis fünf Jahren ($p=0,44$) keinen signifikanten Unterschied zwischen Prothesen und ACDF. 30 von 809 Patienten (3,7%) mit einer Prothese erhielten eine Operation an einem Anschlusssegment, gegenüber 36 (4,6%) von 777 Patienten nach ACDF [46].

In der Literatur zeigten die Ergebnisse bezüglich der Rate der Reoperation an einem Anschlusssegment immer einen Vorteil für die Prothesen gegenüber ACDF. Die Vergleichbarkeit mit unserer Studie ist allerdings eingeschränkt, da in unserer Studie nur Patienten zwischen 25 bis 50 Jahren eingeschlossen sind und ihre Anzahl außerdem deutlich geringer ist.

Auffallend an dieser Studie war der signifikante Zusammenhang zwischen der Geschlechtsverteilung und der Häufigkeit einer Operation an einem Anschlusssegment. Von den insgesamt 21 Patienten mit einer Operation an einem Anschlusssegment waren 15 (71,43%) weiblich und nur sechs (28,57%) Patienten männlich ($P=0,029$). Aufgrund des geringen Patientenkollektivs kann dies eher als Zufall bewertet werden. Pierce et al. recherchierten die Risikofaktoren der Anschlusssegmenterkrankung bei ACDF sowie bei Total-Disk-Arthroplastie (TDA). Das Geschlecht beeinflusste die Häufigkeit der Anschlusssegmenterkrankung nicht, sondern der Einflussfaktor war vielmehr die Osteopenie. Sie tritt grundsätzlich bei weiblichen Patienten häufiger auf. Da sie das Risiko der Entwicklung einer Anschlusssegmenterkrankung erhöht, wurde sie als Risikofaktor betrachtet [47].

4.3 Anschlusssegmenterkrankung: Vergleich zwischen M6- und Bryan-Prothese

Sechs (12,5 %) von 48 Patienten mit einer M6-Prothese erhielten eine Operation an einem Anschlusssegment, während dies bei der Bryan-Prothese nur bei fünf (4,2%) von 117 Patienten notwendig war. Das zeigt, dass die Rate bei Bryan-Prothesen gegenüber der M6 bei Anschlusssegmenterkrankung besser ist; dies ist jedoch statistisch nicht relevant (Chi-Quadrat-Test, $p=0,081$). In der Literatur konnten keine Daten für M6-Prothesen gefunden werden. Bei den Bryan-Prothesen ergab sich in der Studie von Walraevens et al. eine Re-Operationsrate der angrenzenden Segmente von 5,2% in einem Zeitraum von vier bis sechs Jahren postoperativ. In der Studie von Coric et al. wurden nach einem Beobachtungszeitraum von vier Jahren 4,9% der Patienten in angrenzenden Segmenten nachoperiert [48], [49].

Ähnliche Ergebnisse zeigt die Studie von Sasso et al., die Patienten ebenfalls bis zu vier Jahre postoperativ untersuchte. In den angrenzenden Segmenten kam es in 4,1% der Fälle zu einer zweiten Operation. Die Ergebnisse ähnelten denen in unserer Studie bei Bryan-Prothesen (4,2%). Auch gegenüber der ACDF zeigen unsere Ergebnisse positive Effekte der Bryan-Prothesen bei der Verhinderung der Anschlusssegmenterkrankung. Hier betrug die Re-Operationsrate für Bryan-Prothesen 4,2% gegenüber 7,8% in der ACDF-Gruppe [50].

4.4 Radiologische Auswertung

Um die Entwicklung der Anschlusssegmenterkrankung besser beurteilen zu können, wurden die MRT-Bilder der Patienten mit einer zweiten Operation an einem Anschlusssegment verglichen. Nur bei 13 von 21 Patienten konnten die Bilder tatsächlich beurteilt werden. Der Grund dafür war, dass die präoperativen MRT-Bilder nicht mehr zur Verfügung standen. Viele MRT-Bilder wurden damals auf Papier ausgedruckt und nicht elektronisch auf CD gespeichert und aus unterschiedlichen Gründen nicht im Archiv aufbewahrt. Sechs Anschlusssegmente mit Prothesen und acht Anschlusssegmente mit ACDF wurden kernspintomographisch verglichen. Im Anschluss wurde der Progress der Punktzahl pro Anschlusssegment vor beiden Operationen berechnet.

Die Ergebnisse zwischen Prothesen und ACDF waren jeweils mit drei Punkten pro Segment bei Prothesen sowie ACDF sehr ähnlich.

Die kernspintomographische Veränderung der Intensität sowie der Höhe der Bandscheibe war zwischen Prothesen und ACDF vergleichbar. Bei der posterioren Bandscheibenprotrusion zeigte die ACDF mit 0,75 Punktprogress pro Segment einen leichten Vorteil im Vergleich zu den Patienten mit Prothesen mit einem Punktprogress pro Segment. Bei allen 13 Patienten konnte kernspintomographisch vor der zweiten Operation eine Foraminalstenose nachgewiesen werden. Bei sechs Patienten war die Foraminalstenose sogar bereits vor der ersten Operation nachweisbar. Das spricht dafür, dass die Degeneration an der Bandscheibe und der knöchernen Strukturen im Verlauf bei Prothesen und nach ACDF sich relativ gleichwertig entwickelt. Bei einem Patienten mit ACDF war vor der zweiten Operation eine Myelopathie zu sehen, während kein Patient mit Prothese eine Myelopathie am Anschlusssegment entwickelte.

Jeder Patient mit einer Operation an einem Anschlusssegment zeigte bereits vor der ersten Operation degenerative Veränderungen in dem im Verlauf operierten Anschlusssegment. Das bedeutet, dass sich in dieser Studie die Anschlusssegmenterkrankung niemals von einem ganz gesunden Anschlusssegment entwickelt hat. Die Ergebnisse der Analyse von nur 13 Patienten können jedoch allenfalls als Hinweis gewertet werden und sind nicht repräsentativ.

Es bleibt weiterhin unklar, ob die degenerative Veränderung des Anschlusssegments durch die Operation an dem benachbarten Segment verursacht wird oder durch eine unabhängige spontane biologische Entwicklung der cervikalen Spondylose.

Pesce et al. versuchten diese Frage zu beantworten. Sie verglichen die Anschlusssegmentdegeneration von Patienten mit monosegmentaler ACDF mit Patienten mit Indikation zur monosegmentaler ACDF, die aber aus verschiedenen Gründen konservativ behandelt wurden. Die Gründe dafür waren mitunter die Ablehnung einer Operation und die Tendenz zur klinischen und neurologischen Verbesserung. Im Ergebnis kam es während der zehnjährigen Verlaufskontrolle zu keinem signifikanten Unterschied. Pesce et al. sind der Meinung, dass die Anschlusssegmentdegeneration zu der spontanen biologischen Entstehung der cervikalen Spondylose gehören könnte [51].

Dass in dieser Studie alle Anschlusssegmente mit Reoperation bereits vor der ersten Operation degenerativ verändert waren, spricht dafür, dass die spontane biologische cervikale Spondylose eine große Rolle in der Anschlusssegmenterkrankung spielt.

Bei den hier untersuchten Patienten lässt sich zwar erkennen, dass es in der Gruppe der fusionierten Patienten etwas häufiger zu Anschlusssegmenterkrankungen kam, aber dies kann auch durch die Neigung zu osteochondrotischen Veränderungen bedingt sein, so dass es bei diesen Patienten auch durch die Grunderkrankung zu multiplem Befall von Halswirbelsäulensegmenten kommen kann; dafür muss nicht notwendigerweise eine Mehrbelastung infolge der Fusionierung verantwortlich sein.

Die Lage stellt sich insgesamt in der Literatur zwar eher so dar, dass die Prothese seltener zur Anschlusssegmenterkrankungen führt, aber dieses Phänomen lässt sich anhand der vorliegenden Untersuchung nicht sicher bestätigen. Um die Frage, inwieweit eine Prothese durch Erhalt der physiologischen Bewegungen der Halswirbelsäule einem Verschleiß der Nachbarsegmente vorbeugt, grundsätzlich zu beantworten, wären deutlich größere Patientenzahlen, eine prospektive Randomisierung und eine Verlaufsbeobachtung über mehr als zwei Jahrzehnte wünschenswert, also Kriterien, die realistischerweise praktisch kaum zu erfüllen sind.

4.5 Limitationen der vorliegenden Arbeit

In dieser Studie liegt die Schwierigkeit in der Frage, warum im gleichen Zeitraum bestimmte Patienten eine Prothese erhielten und andere eine ACDF. In der Universitätsklinik für Neurochirurgie in Magdeburg erhielten Patienten mit einer schweren Osteochondrose überwiegend eine ACDF, solche mit präoperativ gut erhaltener Beweglichkeit oder einem weichen Bandscheibenvorfall bzw. freiem Sequester hingegen eine Bandscheibenprothese. Daher sind beide Gruppen grundsätzlich nur eingeschränkt miteinander vergleichbar, denn es bleibt denkbar, dass die ACDF-Gruppe mit überwiegender spontaner Osteochondrose ein anderes Krankheitsbild darstellt als die Prothesen-Gruppe mit erhaltener Beweglichkeit im befallenen Segment und einem „weichen Vorfall“ bei Verdacht auf einen Bandscheibensequester im Spinalkanal.

Aus diesem Grund liefert die vorliegende Studie im Vergleich mit den Häufigkeiten von Anschlusssegmenterkrankungen größerer Vergleichsserien nach ACDF der Literatur allenfalls den Hinweis, dass Anschlusssegmenterkrankungen bei Implantation einer Prothese seltener auftreten als bei Verwendung einer ACDF.

Der Umstand, dass unterschiedliche Prothesen eingesetzt wurden, ergab sich über die Jahre aus der wechselnden kommerziellen Verfügbarkeit. Für die beobachteten Unterschiede der einzelnen Häufigkeiten von Anschlusssegmenterkrankungen zwischen den beiden implantierten Modellen gab es keine überzeugende Erklärung; sie wurden als zufällig bewertet.

Da wir in der Bewertung der kernspintomographischen Veränderung die Anschlusssegmente vor beiden Operationen beurteilt haben, sind die kernspintomographischen Veränderungen aus unserer Sicht durchaus vergleichbar. Das Gleiche gilt auch für die Anschlusssegmenterkrankung zwischen beiden Prothesen (M6 und Bryan). Hier war bei der Auswahl der Prothese (M6 oder Bryan) kein relevanter Unterschied zwischen den Patienten festzustellen, so dass sich eine echte Vergleichbarkeit ergibt.

5. Zusammenfassung

Unsere Studie konnte zeigen, dass Bandscheibenprothesen als Bandscheibenersatz bei 165 Operationen an der Halswirbelsäule tendenziell die Wahrscheinlichkeit vermindern, dass bei einer Anschlusssegmenterkrankung eine Re-Operation über einen mittleren Beobachtungszeitraum von 4 Jahren und 3 Monaten erforderlich wird.

In der vorliegenden Studie wurde die Entwicklung der Anschlusssegmentdegeneration nach Implantation von Prothesen und ACDF kernspintomographisch untersucht.

Bei der anterioren zervikalen Fusion ohne Prothese „ACDF“ betrug die Re-Operationsrate 7,8% und bei Prothesen insgesamt 6,7%.

Nach unserem Bewertungssystem konnten wir keinen statistisch relevanten Unterschied in der Entwicklung und im Ausmaß der Anschlusssegmentdegeneration zwischen beiden operativen Verfahren nachweisen.

Da diese beiden Gruppen nur bedingt miteinander vergleichbar sind, bleibt in dieser Studie die Frage offen, ob die Anschlusssegmenterkrankung bei Prothesen tatsächlich seltener auftritt als bei ACDF.

Jedes Anschlusssegment, das im weiteren Verlauf operiert wurde, war bereits vor der ersten Operation degenerativ verändert gewesen. In dieser Studie konnten wir nicht beobachten, dass sich eine Anschlusssegmenterkrankung entwickelte, wenn das Anschlusssegment vor der ersten Operation vollkommen gesund war. Deshalb bleibt es weiterhin unklar, ob die degenerative Veränderung des Anschlusssegments durch die Operation an dem benachbarten Segment beeinflusst wird oder durch die biologische spontane Entstehung der cervikalen Spondylose bedingt ist.

Um sicher einschätzen zu können, welchen Nutzen der Erhalt der Beweglichkeit im operierten Segment hat, wäre eine prospektive Studie über zwei Jahrzehnte mit hinreichender Patientenzahl wünschenswert. Damit ließe sich dann auch ein Nutzen der Prothese wissenschaftlich nachweisen.

Der Literatur zufolge vermindert die prothetische Versorgung an der Halswirbelsäule die Anschlusssegmenterkrankung und ist daher eine attraktive Alternative zur Fusion.

Literaturverzeichnis

1. Schünke M, Schulte E, Schumacher U: Prometheus Lernatlas der Anatomie, 2. Auflage – erweitert. pp. 50-53 (2009)
2. Bland J, Boushey D.: Anatomy and physiology of the cervical spine. *Seminars in Arthritis and Rheumatism* 20(1): 1-20 (1990)
3. Lestini WF, Wiesel SW: The pathogenesis of cervical spondylosis, *Clin Orthop Relat Res.* (239): 69-93 (1989)
4. Sedowofia KA, Tomlinson IW, et al.: Collagenolytic enzyme systems in human intervertebral disc: their control, mechanism, and their possible role in the initiation of biomechanical failure. *Spine* 7(3): 213-222 (1982)
5. Tilkeridis C, Bei T, Garantziotis S, Stratakis CA.: Association of a COL1A1 polymorphism with lumbar disc disease in young military recruits. *J. Med Genet.* 42(7): e44 (2005)
6. Cheung KM, Chan D, Karppinen J, et al.: Association of the Taq I allele in vitamin D receptor with degenerative disc disease and disc bulge in a Chinese population. *Spine* 31(10): 1143-1148 (2006)
7. Lehto IJ, Terti MO, Komu ME, et al.: Age-related MRI changes at 0.1 T in cervical discs in asymptomatic subjects. *Neuroradiology* 36(1): 49-53 (1994)
8. Matsumoto M, Fujimura Y, Suzuki N, et al.: MRI of cervical intervertebral discs in asymptomatic subjects. *J. Bone Surg Br.* 80(1): 19-24 (1998)
9. Delank H, Gehlen W.: *Neurologie*, 11. Auflage, Thieme. pp. 183 (2006)
10. Harrop JS, Hanna A, Silva MT, et al.: Neurological manifestations of cervical spondylosis: an overview of signs, symptoms and pathophysiology. *Neurosurgery* 60(1): 14-20 (2007)
11. Zebala LP, Buchowski JM, Daftary AR, et al.: *MRI for orthopaedic surgeons*, Thieme. pp. 229-268 (2010)
12. Boutin RD, Steinbach LS, Finnesey K.: MR imaging of degenerative diseases in the cervical spine. *Magn Reson Imaging Clin N Am.* 8(3): 471-489 (2000)

13. Uhlenbrock D.: MR imaging of the spine and spinal cord, Thieme. pp. 159-268 (2004)
14. 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 Am.* 40(3): 607-624 (1958)
15. Cloward RB.: The anterior approach for removal of ruptured cervical disks. *J. Neurosurg.* 15(6): 602-617 (1958)
16. Fowler SB, Anthony-Phillips P, Mehta D, et al.: Health-related quality of life in patients undergoing anterior cervical discectomy fusion. *J. Neurosci Nurs.* 37(2): 97-100 (2005)
17. Patil PG, Turner DA, Pietrobon R.: National trends in surgical procedures for degenerative cervical spine disease: 1990-2000. *Neurosurgery* 57(4): 753-758 (2005)
18. Simmons EH, Bhalla S, Butt W.: Anterior cervical discectomy and fusion: a clinical and biomechanical study with eight-year follow-up. *J. Bone Joint Surg.* 51(2): 225-237 (1969)
19. McConnell JR, Freeman BJ, Debnath UK, et al.: A prospective randomized comparison of coralline hydroxyapatite with autograft in cervical interbody fusion. *Spine* 28(4): 317-323 (2003)
20. Chong E, Pelletier M, Mobbs R.: The design evolution of interbody cages in anterior cervical discectomy and fusion: a systematic review. *BMC Musculoskeletal Disord.* 16(1): 99 (2015)
21. Wilke HJ, Kettler A, Claes L.: Primary stabilizing effect of interbody fusion devices for the cervical spine: an in vitro comparison between three different cage types and bone cement. *Eur Spine J.* 9(5): 410-416 (2000)
22. Weiner BK, Fraser RD.: Lumbar interbody cages. *Spine* 23(5): 634-640 (1998)
23. Kurtz SM, Devine JN.: PEEK biomaterials in trauma, orthopedic, and spinal implants. *Biomaterials* 28(32): 4845-4869 (2007)

- 24.**Chou YC, Chen DC, Hsieh WA, et al.: Efficacy of anterior cervical fusion: Comparison of titanium cages, polyetheretherketone (PEEK) cages and autogenous bone grafts. *J. Clin Neurosci.* 15(11): 1240-1245 (2008)
- 25.**Niu CC, Liao JC, Chen WJ, et al.: Outcomes of interbody fusion cages used in 1 and 2-levels anterior cervical discectomy and fusion: titanium cages versus polyetheretherketone (PEEK) cages. *J. Spinal Disord Tech.* 23(5): 310-316 (2010)
- 26.**Liao JC, Niu CC, Chen WJ, et al.: Polyetheretherketone (PEEK) cage filled with cancellous allograft in anterior cervical discectomy and fusion. *Int Orthop.* 32(5): 643-648 (2008)
- 27.**Cabraja M, Oezdemir S, Koeppen D, et al.: Anterior cervical discectomy and fusion: comparison of titanium and polyetheretherketone cages. *BMC Musculoskelet Disord.* 13: 172 (2012)
- 28.**Chen Y, Wang X, Lu X, et al.: Comparison of titanium and polyetheretherketone (PEEK) cages in the surgical treatment of multilevel cervical spondylotic myelopathy: a prospective, randomized, control study with over 7-year follow-up. *Eur Spine J.* 22(7): 1539-1546 (2013)
- 29.**Sasso R, Smucker J, Hacker J, et al.: Clinical outcomes of BRYAN cervical disc arthroplasty: a prospective, randomized, controlled multicenter trial with a 24-month follow-up. *J. Spinal Disord Tech.* 20(7): 481-491 (2007)
- 30.**Fernstrom U: Arthroplasty with intercorporeal endoprosthesis in herniated disc and in painful disc. *Acta Chir Scand Suppl.* 355: 154-159 (1966)
- 31.**Cummins B, Robertson J, Gill S: Surgical experience with an implanted artificial cervical joint. *J. Neurosurg.* 88(6): 943-948 (1998)
- 32.**Reitz C, Joubert M: Intractable headache and cervico-brachialgia treated by complete replacement of cervical intervertebral discs with a metal prosthesis. *S Afr Med J.* 38: 881-884 (1964)
- 33.**Alan T, Sigita, Pashman, et al.: Spinal Artificial Disc Replacement: Cervical Arthroplasty Part I: History, Design, and Types of Artificial Discs. *Contemporary Neurosurgery* 29(12): 1-5 (2007)

- 34.** Ryu, Won Hyung A, Kowalczyk I, et al.: Long-term kinematic analysis of cervical spine after single-level implantation of Bryan cervical disc prosthesis. *Spine J.* 13(6): 628-634 (2013)
- 35.** Heller JG, Sasso RC, Papadopoulos SM, et al.: Comparison of BRYAN cervical disc arthroplasty with anterior cervical decompression and fusion: clinical and radiographic results of a randomized, controlled, clinical trial. *Spine* 34(2): 101-107 (2009)
- 36.** Cheng L, Nie L, Li M, et al.: Superiority of the Bryan® Disc Prosthesis for Cervical Myelopathy: A Randomized Study with 3-year Followup. *Clin Orthop Relat Res.* 469(12): 3408-3414 (2011)
- 37.** Schmitt NT: Die ventrale Diskektomie zur Behandlung des monosegmentalen zervikalen Bandscheibenvorfalles, eine Analyse zweier Umfragen. *Med. Dissertation* (2011)
- 38.** Hahne R: Prospektive klinische Verlaufsbeobachtung nach Implantation einer zervikalen Bandscheibenprothese (BRYAN™ cervical disc system). *Med. Dissertation* (2006)
- 39.** Hilibrand AS, Carlson GD, Palumbo MA, et al.: Radiculopathy and myelopathy at segments adjacent to the site of a previous anterior cervical arthrodesis. *J. Bone Joint Surg Am.* 81(4): 519-528 (1999)
- 40.** Henderson CM, Hennessy RG, Shuey HM Jr, et al.: Posterior-lateral foraminotomy as an exclusive operative technique for cervical radiculopathy: a review of 846 consecutively operated cases. *Neurosurgery* 13(5): 504-512 (1983)
- 41.** Matsumoto M, Okada E, Ichihara D, et al.: Anterior cervical decompression and fusion accelerates adjacent segment degeneration: comparison with asymptomatic volunteers in a ten-year magnetic resonance imaging follow-up study. *Spine* 35(1): 36-43 (2010)
- 42.** Faldini C, Pagkrati S, Leonetti D, et al.: Sagittal segmental alignment as predictor of adjacent-level degeneration after a Cloward procedure. *Clin Orthop Relat Res.* 469(3): 674-681 (2011)
- 43.** Katsuura A, Hukuda S, Saruhashi Y, et al.: Kyphotic malalignment after anterior cervical fusion is one of the factors promoting the degenerative process in adjacent intervertebral levels. *Eur Spine J.* 10(4): 320-324 (2001)

44. Luo J, Gong M, Huang S, et al.: Incidence of adjacent segment degeneration in cervical disc arthroplasty versus anterior cervical decompression and fusion meta-analysis of prospective studies. *Arch Orthop Trauma Surg.* 135: 155-160 (2015)
45. Chang K, Pham M, Hsieh P.: Adjacent segment disease requiring reoperation in cervical total disc arthroplasty: A literature review and update. *Journal of Clinical Neuroscience* 37: 20-24 (2017)
46. Verma K, Gandhi S.: Rate of Adjacent Segment Disease in Cervical Disc Arthroplasty Versus Single-Level Fusion. *Spine* 38(26): 2253-2257 (2013)
47. Nunley P, Jawahar A, Kerr E.: Factors Affecting the Incidence of Symptomatic Adjacent-Level Disease in Cervical Spine After Total Disc Arthroplasty. *Spine* 37(6): 445-451 (2012)
48. Walraevens J, Demaerel P, Suetens P, et al.: Longitudinal prospective long-term radiographic follow-up after treatment of single-level cervical disk disease with the Bryan Cervical Disc. *Neurosurgery* 67(3): 679-687 (2010)
49. Coric D, Kim PK, Clemente JD, et al.: 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* 18(1): 36-42 (2013)
50. Sasso RC, Anderson PA, Riew KD, et al.: 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.* 93(18): 1684-1692 (2011)
51. Pesce A, Wierzbicki V, Piccione E.: Adjacent segment pathology: natural history or effect of anterior cervical discectomy and fusion? A 10-year follow-up radiological multicenter study using an evaluation scale of the ageing spine. *Eur. J. Orthop Surg. Traumatol.* 27(4): 503-511 (2017)

Patientenverzeichnis

Patienten der Prothesen-Gruppe:

Nr.	Krankenblatt-nummer	Geschlecht	Alter	Anschlusssegment-operation	Nr.	Krankenblatt-nummer	Geschlecht	Alter	Anschlusssegmentoperation
1	93/10	w.	25	Nein	84	168/09	m.	41	Nein
2	256/06	w.	26	Nein	85	783/10	w.	41	Nein
3	344/08	m.	27	Nein	86	433/05	w.	42	Nein
4	263/07	m.	28	Nein	87	572/06	w.	42	Nein
5	1167/03	m.	29	Nein	88	519/07	w.	42	Nein
6	766/04	m.	30	Nein	89	490/07	w.	42	Nein
7	139/04	w.	31	Nein	90	102/07	w.	42	Ja
8	1573/04	m.	32	Nein	91	407/08	w.	42	Nein
9	1007/03	m.	33	Nein	92	1012/08	m.	42	Nein
10	938/04	m.	33	Nein	93	520/09	m.	42	Nein
11	552/09	w.	33	Nein	94	643/09	w.	42	Ja
12	552/07	m.	34	Nein	95	239/09	w.	42	Ja
13	1187/03	w.	35	Nein	96	57/03	w.	43	Nein
14	297/04	m.	35	Nein	97	978/04	m.	43	Nein
15	293/07	w.	35	Nein	98	65/05	w.	43	Nein
16	427/09	w.	35	Nein	99	426/06	m.	43	Nein
17	443/10	m.	35	Nein	100	351/06	w.	43	Nein
18	593/10	m.	35	Nein	101	193/06	m.	43	Nein
19	749/10	m.	35	Nein	102	127/06	w.	43	Ja
20	841/03	m.	36	Nein	103	522/07	w.	43	Nein
21	382/06	m.	36	Nein	104	484/07	m.	43	Nein
22	120/10	m.	36	Nein	105	1032/08	w.	43	Nein
23	708/03	m.	37	Nein	106	823/09	w.	43	Nein
24	612/03	w.	37	Nein	107	842/09	w.	43	Nein
25	376/04	w.	37	Nein	108	677/03	m.	44	Nein
26	1182/04	m.	37	Nein	109	747/03	m.	44	Nein
27	158/05	w.	37	Nein	110	227/06	m.	44	Nein
28	332/07	m.	37	Nein	111	296/07	w.	44	Nein
29	766/07	m.	37	Nein	112	119/07	m.	44	Nein
30	172/08	m.	37	Nein	113	964/07	m.	44	Nein
31	439/10	m.	37	Nein	114	419/08	m.	44	Nein
32	664/10	m.	37	Nein	115	306/08	w.	44	Nein
33	384/10	m.	37	Nein	116	195/08	m.	44	Nein
34	44/03	w.	38	Nein	117	458/04	w.	45	Nein
35	137/03	w.	38	Nein	118	916/04	w.	45	Nein
36	1056/03	w.	38	Nein	119	370/04	w.	45	Nein
37	305/03	m.	38	Nein	120	1034/04	m.	45	Nein
38	446/05	w.	38	Ja	121	317/06	w.	45	Nein
39	271/05	m.	38	Ja	122	723/06	w.	45	Nein
40	229/08	m.	38	Nein	123	822/06	w.	45	Nein

Nr.	Krankenblatt -nummer	Geschlecht	Alter	Anschlusssegment- operation	Nr.	Krankenblatt -nummer	Geschlecht	Alter	Anschlusssegmentoperation
41	519/08	m.	38	Nein	124	1022/07	w.	45	Nein
42	85/09	w.	38	Nein	125	381/08	w.	45	Nein
43	1021/09	w.	38	Nein	126	382/08	w.	45	Nein
44	288/09	w.	38	Nein	127	539/08	m.	45	Nein
45	112/10	w.	38	Nein	128	923/09	m.	45	Nein
46	313/03	w.	39	Nein	129	304/04	w.	46	Ja
47	10/03	w.	39	Nein	130	11/05	m.	46	Nein
48	898/04	m.	39	Nein	131	329/06	w.	46	Nein
49	1316/04	w.	39	Nein	132	172/07	w.	46	Nein
50	215/05	w.	39	Nein	133	825/07	m.	46	Nein
51	681/05	w.	39	Nein	134	1045/09	w.	46	Nein
52	223/05	m.	39	Nein	135	1129/09	m.	46	Nein
53	165/06	w.	39	Nein	136	485/09	w.	46	Nein
54	399/08	w.	39	Nein	137	429/10	w.	46	Nein
55	833/08	m.	39	Nein	138	992/10	m.	46	Nein
56	533/08	w.	39	Ja	139	676/03	m.	47	Nein
57	428/09	w.	39	Nein	140	983/03	m.	47	Nein
58	822/09	w.	39	Nein	141	1035/03	m.	47	Nein
59	1049/03	m.	40	Nein	142	1602/04	m.	47	Nein
60	158/03	w.	40	Nein	143	485/05	w.	47	Nein
61	435/05	m.	40	Nein	144	742/07	m.	47	Nein
62	664/05	m.	40	Nein	145	237/08	w.	47	Nein
63	273/06	m.	40	Nein	146	823/10	m.	47	Nein
64	37/06	m.	40	Nein	147	42/10	m.	47	Nein
65	385/07	m.	40	Nein	148	551/03	m.	48	Nein
66	177/07	w.	40	Nein	149	218/04	w.	48	Nein
67	730/08	m.	40	Nein	150	699/07	m.	48	Nein
68	193/08	m.	40	Nein	151	1005/08	m.	48	Nein
69	439/08	m.	40	Ja	152	1635/03	m.	49	Nein
70	102/09	w.	40	Nein	153	333/05	w.	49	Nein
71	45/10	w.	40	Nein	154	772/05	m.	49	Nein
72	1073/10	w.	40	Nein	155	521/07	w.	49	Ja
73	539/10	w.	40	Nein	156	714/08	m.	49	Nein
74	739/10	w.	40	Nein	157	923/08	m.	49	Nein
75	1233/03	w.	41	Nein	158	139/09	m.	49	Nein
76	1425/04	m.	41	Nein	159	503/09	w.	49	Nein
77	1064/04	w.	41	Nein	160	247/03	m.	50	Nein
78	375/05	w.	41	Nein	161	473/05	m.	50	Nein
79	115/05	w.	41	Nein	162	121/08	w.	50	Nein
80	336/06	m.	41	Nein	163	312/08	m.	50	Nein
81	283/07	w.	41	Nein	164	107/10	m.	50	Nein
82	397/07	m.	41	Ja	165	530/10	w.	50	Nein
83	339/08	m.	41	Nein					

Patienten der Fusions-Gruppe:

Nr.	Krankenblatt -nummer	Geschlecht	Alter	Anschlusssegment- operation	Nr.	Krankenblatt -nummer	Geschlecht	Alter	Anschlusssegmentoperation
1	242/05	m.	28	Nein	65	183/08	w.	45	Nein
2	663/03	w.	29	Nein	66	634/08	m.	45	Nein
3	374/06	m.	29	Nein	67	83/09	w.	45	Nein
4	924/05	m.	30	Nein	68	283/07	m.	46	Nein
5	735/04	m.	33	Nein	69	362/03	w.	46	Nein
6	174/05	m.	33	Nein	70	824/04	w.	46	Nein
7	732/09	m.	34	Nein	71	620/04	m.	46	Nein
8	023/03	m.	35	Nein	72	147/04	w.	46	Nein
9	776/07	w.	35	Nein	73	882/04	m.	46	Nein
10	537/09	w.	35	Ja	74	1032/05	m.	46	Nein
11	284/07	w.	38	Nein	75	885/07	m.	46	Nein
12	394/08	w.	38	Nein	76	239/08	m.	46	Nein
13	837/04	m.	39	Nein	77	942/08	m.	46	Nein
14	283/04	m.	39	Nein	78	320/09	m.	46	Nein
15	724/05	m.	39	Nein	79	490/09	m.	46	Nein
16	39/09	w.	39	Nein	80	833/09	w.	46	Ja
17	203/03	m.	40	Nein	81	621/10	m.	46	Nein
18	135/04	m.	40	Nein	82	183/03	m.	47	Nein
19	119/07	m.	40	Nein	83	820/03	w.	47	Nein
20	402/07	w.	40	Nein	84	265/04	m.	47	Nein
21	192/04	w.	41	Nein	85	192/04	m.	47	Nein
22	512/04	m.	41	Nein	86	610/04	w.	47	Nein
23	662/05	w.	41	Nein	87	825/05	w.	47	Nein
24	719/05	w.	41	Ja	88	472/06	w.	47	Nein
25	820/06	w.	41	Nein	89	391/06	w.	47	Nein
26	223/08	w.	41	Nein	90	912/07	w.	47	Nein
27	129/09	w.	41	Nein	91	742/08	w.	47	Nein
28	371/10	m.	41	Nein	92	622/09	w.	47	Nein
29	293/10	m.	41	Nein	93	694/10	w.	47	Nein
30	93/10	m.	41	Nein	94	822/10	w.	47	Nein
31	743/04	w.	42	Nein	95	183/03	w.	48	Nein
32	273/04	m.	42	Nein	96	301/04	w.	48	Nein
33	192/05	m.	42	Nein	97	375/05	m.	48	Nein
34	739/05	m.	42	Nein	98	424/05	m.	48	Nein
35	882/07	w.	42	Ja	99	107/06	w.	48	Nein
36	329/09	w.	42	Nein	100	92/06	w.	48	Nein
37	120/10	m.	42	Nein	101	720/10	m.	48	Nein
38	322/10	w.	42	Nein	102	749/10	w.	48	Nein
39	553/10	m.	42	Ja	103	482/03	m.	49	Nein
40	938/03	m.	43	Nein	104	88/03	m.	49	Nein

Nr.	Krankenblatt -nummer	Geschlecht	Alter	Anschlusssegment- operation	Nr.	Krankenblatt -nummer	Geschlecht	Alter	Anschlusssegmentoperation
41	873/03	w.	43	Nein	105	1029/04	w.	49	Nein
42	790/04	m.	43	Nein	106	291/04	w.	49	Nein
43	283/04	w.	43	Nein	107	858/05	m.	49	Nein
44	749/06	w.	43	Nein	108	1021/05	w.	49	Nein
45	592/07	m.	43	Nein	109	628/05	m.	49	Nein
46	103/08	w.	43	Nein	110	724/05	m.	49	Nein
47	286/09	w.	43	Nein	111	692/05	w.	49	Ja
48	173/09	w.	43	Nein	112	1042/06	w.	49	Nein
49	429/10	m.	43	Nein	113	761/06	m.	49	Nein
50	734/10	w.	43	Nein	114	340/07	m.	49	Nein
51	445/03	m.	44	Nein	115	628/10	m.	49	Nein
52	793/03	w.	44	Nein	116	667/10	w.	49	Nein
53	426/04	m.	44	Nein	117	391/10	m.	49	Nein
54	523/04	m.	44	Nein	118	593/06	m.	50	Ja
55	882/05	w.	44	Nein	119	624/03	m.	50	Nein
56	94/05	m.	44	Nein	120	835/04	m.	50	Nein
57	192/09	m.	44	Nein	121	1042/04	m.	50	Nein
58	884/03	m.	45	Nein	122	924/05	w.	50	Nein
59	331/03	m.	45	Ja	123	629/05	w.	50	Nein
60	197/05	w.	45	Nein	124	882/06	m.	50	Nein
61	602/06	w.	45	Nein	125	247/06	m.	50	Nein
62	559/06	m.	45	Nein	126	428/07	w.	50	Nein
63	637/07	m.	45	Nein	127	522/09	w.	50	Ja
64	612/07	w.	45	Ja	128	125/10	m.	50	Nein

Danksagungen

Zum Gelingen dieser Arbeit haben viele Menschen beigetragen, bei denen ich mich hiermit ganz herzlich bedanke.

Besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr. med. R. Firsching, ehemaliger Direktor der Universitätsklinik für Neurochirurgie in Magdeburg, für seine stetige Bereitschaft und seine Bemühungen zur Realisierung dieser Dissertation. Sein Fachwissen und seine konstruktive Kritik haben sowohl mein wissenschaftliches Denken als auch die vorliegende Arbeit entscheidend mitgeprägt.

Weiterer Dank gilt Herrn Dr. med. B. Jöllenbeck für die Auswahl des Themas, die Bewertung der radiologischen Befunde, die fortwährende und sehr gute Betreuung, die vielen konstruktiven Verbesserungsvorschläge sowie die stets zeitnahe Erreichbarkeit bei Fragen und Problemen.

Mein Dank gilt außerdem Dipl.-Math. A. Lux, Institut für Biometrie und Medizinische Informatik des Universitätsklinikums Magdeburg, für die Unterstützung bei der Erstellung der Statistik.

Der größte Dank gilt selbstverständlich meiner Ehefrau sowie meiner Familie für die Unterstützung auf meinem bisherigen Weg und während der Erstellung dieser Arbeit.

Ehrenerklärung

Ich erkläre, dass ich die bei der Medizinischen Fakultät der Otto-von-Guericke-Universität zur Promotion eingereichte Dissertation mit dem Titel

Vergleich der Anschlusssegmenterkrankung nach Einsatz zervikaler Bandscheibenprothesen gegenüber anteriorer zervikaler Diskektomie und Fusion (ACDF) „Eine Anwendungsbeobachtung“

in der Klinik für Neurochirurgie der Medizinischen Fakultät der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg mit Unterstützung durch Prof. Dr. med. R. Firsching sowie Dr. med. B. Jöllenbeck ohne sonstige Hilfe durchgeführt und bei der Abfassung der Dissertation keine anderen als die dort aufgeführten Hilfsmittel benutzt habe.

Bei der Abfassung der Dissertation sind Rechte Dritter nicht verletzt worden.

Ich habe diese Dissertation bisher an keiner in- oder ausländischen Hochschule zur Promotion eingereicht. Ich übertrage der Medizinischen Fakultät das Recht, weitere Kopien meiner Dissertation herzustellen und zu vertreiben.

Magdeburg, den 02.07.2021

Eili Roham

Darstellung des Bildungsweges

Persönliche Daten:

Name: Eili Roham
Geburtsort: Al Hasaka, Syrien
Geburtsdatum: 19/07/1988
Staatsangehörigkeit: syrisch
Familienstand: verheiratet, ein Kind
Konfession: Christ, syrisch-orthodox

Akademische Laufbahn:

1994 - 1999 Grundschule in Aleppo, Syrien
2000 - 2003 Mittlere Schule in Aleppo, Syrien
2004 - 2006 Allgemeine Hochschulreife mit wissenschaftlichem Abitur
in Aleppo, Syrien
2006 – 20012 Studium der Humanmedizin an der Aleppo Universität,
Syrien

Berufliche Laufbahn:

2013/10 - 2015/02 Assistenzarzt in der Neurologie im Nordwestkrankenhaus,
Sanderbusch
2015/03 - 2017/04 Assistenzarzt in der neurochirurgischen Universitätsklinik
in Magdeburg
2017/07 - 2017/12 Assistenzarzt in der Wirbelsäulenchirurgie in der Helios
Klinik Oberhausen
2018/01 - 2020/09 Assistenzarzt in der neurochirurgischen Klinik in der
Helios Klinik Krefeld
seit 2020/10 Facharzt für Neurochirurgie im MVZ Ruhr und in der
Wirbelsäulenchirurgie in der Helios Klinik Oberhausen

Magdeburg
02.07.2021