

**Mehrsegmentale Fusion versus Wirbelkörperersatz -
Vergleich zwischen zwei operativen Methoden
in der Behandlung von
degenerativen Halswirbelsäulenerkrankungen**

Inauguraldissertation
zur Erlangung des Grades eines Doktors der Medizin
des Fachbereiches Medizin
der Justus-Liebig-Universität Gießen

Vorgelegt von Bianchi, Nicolai
aus Herdecke
Gießen 2012

Aus der Neurochirurgischen Abteilung der Universitätsklinik
Gießen und Marburg GmbH, Standort Gießen

Leiter/Direktor:
Prof. Dr. med. S. Eberhard Uhl

1. Gutachter: Prof. Dr. med. Wolfgang Deinsberger

2. Gutachter: Prof. Dr. med. Eberhard Uhl

Tag der Disputation: 29.04.2013

Abkürzungsverzeichnis

Abb.	Abbildung
a.p.	anterior-posterior
AWMF	Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften
BSV	Bandscheibenvorfall
DGN	Deutsche Gesellschaft für Neurologie
CT	Computertomografie
HWK	Halswirbelkörper
HWS	Halswirbelsäule
IASP	International Association for the Study of Pain
KG	Kraftgrad
Lig. long.	Ligamentum longitudinale
LWS	Lendenwirbelsäule
MRT	Magnetresonanztomografie
N	Anzahl
OE	Obere Extremität
OP	Operation
OPLL	Ossification of the posterior longitudinal ligament = Verkalkung des hinteren Längsbandes
Tab.	Tabelle
UE	Untere Extremität
WK	Wirbelkörper
zit. n.	zitiert nach
z.B.	zum Beispiel
ZSM	Zervikale spondylotische Myelopathie

Abbildungsverzeichnis

- Abb. 1: Autologer trikortikaler Beckenkammspan
- Abb. 2: Plattenosteosynthese: Codman-Platte
- Abb. 3: Seitliche Röntgendarstellung: Mehrsegmentale Fusion
- Abb. 4: Seitliche Röntgendarstellung: Wirbelkörperersatz
- Abb. 5: Operationsmethoden
- Abb. 6: Durchbauung: Stadium 0
- Abb. 7: Durchbauung: Stadium III
- Abb. 8: Seitliche Röntgendarstellung: Steilstellung der HWS
- Abb. 9: Klinische Syndrome
- Abb. 10: Syndromkomplexe
- Abb. 11: Anzahl der operierten Segmente
- Abb. 12: Anzahl der entfernten Wirbelkörper
- Abb. 13: Anzahl der eingesetzten Plattenosteosynthesen
- Abb. 14: Verwendete Interponate bei beiden Operationsmethoden
- Abb. 15: Klinisches Outcome der Gesamtpatienten
- Abb. 16: Klinisches Outcome beider Patientengruppen bei der Entlassung
- Abb. 17: Klinisches Outcome beider Patientengruppen nach 3 Monaten
- Abb. 18: Klinisches Outcome beider Patientengruppen nach 6 Monaten
- Abb. 19: Klinisches Outcome beider Patientengruppen nach 12 Monaten
- Abb. 20: Klinisches Outcome beider Patientengruppen beim letzten Follow-up
- Abb. 21: Durchbauung und Pseudarthrosebildung der Gesamtpatienten
- Abb. 22: Durchbauung bei beiden Patientengruppen nach 3 Monaten
- Abb. 23: Durchbauung bei beiden Patientengruppen nach 6 Monaten
- Abb. 24: Durchbauung bei beiden Patientengruppen nach 12 Monaten
- Abb. 25: Durchbauung bei beiden Patientengruppen beim letzten Follow-up
- Abb. 26: Haltung der HWS nach 12 Monaten
- Abb. 27: Durchbauung und klinisches Outcome bei den Gesamtpatienten nach 6 Monaten
- Abb. 29: Durchbauung und klinisches Outcome bei den Gesamtpatienten nach 12 Monaten
- Abb. 30: Durchbauung und klinisches Outcome bei den Gesamtpatienten beim letzten Follow-up
- Abb. 31: Durchbauung und klinisches Outcome bei beiden Patientengruppen nach 3 Monaten
- Abb. 32: Durchbauung und klinisches Outcome bei beiden Patientengruppen nach 6 Monaten
- Abb. 33: Durchbauung und klinisches Outcome bei beiden Patientengruppen nach 12 Monaten
- Abb. 34: Durchbauung und klinisches Outcome bei beiden Patientengruppen beim Follow-up

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Bewertung der klinischen Symptome

Tab. 2: Score-Tabelle

Tab. 3: Alter der Patienten in Jahren

Tab. 4: Altersverteilung in Jahren

Tab. 5: Diagnosen

Tab. 6: Klinische Symptome

Tab. 7: Zusätzliche Befunde

Tab. 8: Operationsdauer von zwei Segmenten und einem WK in Minuten

Tab. 9: Operationsdauer von drei Segmenten und zwei WK in Minuten

Tab. 10: Dauer des Krankenhausaufenthaltes in Tagen

Tab. 11: Osteophytenbildung

Tab. 12: Komplikationen

Tab. 13: Komplikationsrate bei den drei unterschiedlichen Interponaten

Tab. 14: Komplikationsrate mit und ohne Plattenosteosynthese

Tab. 15: Komplikationsrate nach Anzahl der operierten Wirbelkörper

Tab. 16: Revisionsoperationen der Fusionspatienten

Tab. 17: Revisionsoperationen der WK-Ersatzpatienten

Tab. 18: Mehrsegmentale Fusion: Vergleich der eigenen Ergebnisse mit der Literatur

Tab. 19: WK-Ersatz: Vergleich der eigenen Ergebnisse mit der Literatur

Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung	1
1.1	Degenerative Erkrankungen der Halswirbelsäule	1
1.1.1	Ätiologie und Pathogenese	1
1.1.2	Geschichtliche Entwicklung.....	2
1.2	Klinische Symptomatik	4
1.2.1	Lokales HWS-Syndrom.....	4
1.2.2	Radikuläres Syndrom	4
1.2.3	Myelopathisches Syndrom	4
1.3	Apparative Diagnostik.....	5
1.3.1	Röntgen.....	5
1.3.2	Magnetresonanztomografie	6
1.3.3	Computertomografie und Myelo-CT.....	7
1.3.5	Elektrophysiologische Diagnostik.....	7
1.4	Therapieverfahren.....	8
1.4.1	Allgemeine Richtlinien.....	8
1.4.2	Analgetische Therapie und Muskelrelaxation	8
1.4.3	Krankengymnastik.....	8
1.4.4	Immobilisation.....	9
1.4.5	Manual- und Chirotherapie.....	9
1.5	Operative Therapie	9
1.5.1	Indikation.....	9
1.5.2	Ziel der Operation.....	10
1.5.3	Dorsale Operationsverfahren	10
1.5.4	Ventrale Operationsverfahren	11
1.5.5	Die mehrsegmentale Fusionsoperation.....	12
1.5.6	Die Wirbelkörperersatzoperation	13
1.5.7	Komplikationen	14
1.6	Zielsetzung der Doktorarbeit.....	17
2.	Patienten und Methodik.....	18
2.1	Patientenkollektiv und Auswertungskriterien	18
2.2	Methodik der Untersuchung.....	19
2.3	Klinische Evaluation	19
2.3.1	Erhebung der Anamnese und klinische Untersuchung.....	19
2.3.2	Bewertung der klinischen Symptome.....	22
2.4	Radiologische Evaluation	24
2.4.1	Durchbauung	24
2.4.2	Haltung der Halswirbelsäule	25
2.4.3	Osteophytenbildung.....	25

2.5	Operationsmethoden.....	25
2.5.1	Mehrsegmentale Fusionsoperation.....	26
2.5.2	Wirbelkörperersatzoperation.....	27
2.5.3	Nachbehandlung.....	27
2.6	Komplikationen.....	28
2.7	Statistische Analysen.....	28
3.	Ergebnisse	29
3.1	Demographische Daten.....	29
3.1.1	Geschlechterverteilung.....	29
3.1.2	Alter.....	29
3.1.3	Altersverteilung.....	30
3.1.4	Nebenerkrankungen.....	30
3.2	Intraoperative Diagnosen und klinische Symptomatik.....	31
3.2.1	Intraoperative Diagnosen.....	31
3.2.2	Symptome.....	32
3.2.3	Syndrome.....	34
3.2.4	Syndromkomplexe.....	35
3.3	Operative und perioperative Daten.....	36
3.3.1	Anzahl und Höhe der operierten Segmente.....	36
3.3.2	Anzahl und Höhe der entfernten Wirbelkörper.....	37
3.3.3	Dauer der Operationen.....	38
3.3.4	Dauer des Krankenhausaufenthaltes.....	39
3.3.5	Plattenosteosynthese.....	40
3.3.6	Verwendete Interponate.....	41
3.3.7	Orthesen.....	41
3.4	Klinisches Outcome.....	42
3.4.1	Klinisches Outcome der Gesamtpatienten.....	42
3.4.2	Klinisches Outcome beider Patientengruppen im Vergleich.....	43
3.5	Radiologisches Outcome.....	49
3.5.1	Durchbauung und Pseudarthrosebildung der Gesamtpatienten.....	49
3.5.2	Grad der Durchbauung bei beiden Patientengruppen.....	50
3.5.3	Haltung der Halswirbelsäule.....	54
3.5.4	Vorkommen einer Osteophytenbildung.....	55
3.5.5	Weitere Faktoren.....	55
3.6	Radiologisches und klinisches Outcome.....	56
3.6.1	Durchbauung und klinisches Outcome bei den Gesamtpatienten.....	56
3.6.2	Durchbauung und klinisches Outcome bei beiden Patientengruppen.....	60
3.7	Komplikationen.....	64
3.7.1	Gesamtkomplikationen.....	64
3.7.2	Interponate bei den Fusionspatienten.....	66
3.7.3	Einfluss einer Plattenosteosynthese.....	67

3.7.4	Anzahl der operierten Wirbelkörper.....	68
3.8	Folgeoperationen.....	69
3.8.1	Revisionen nach mehrsegmentaler Fusion.....	69
3.8.2	Revisionen nach WK-Ersatz.....	70
3.8.3	Weitere operative Eingriffe.....	71
4.	Diskussion.....	72
4.1	Operationsverfahren.....	72
4.1.1	Allgemeines.....	72
4.1.2	Ziele und Voraussetzungen beider Methoden.....	72
4.1.3	Operationsmethoden und Modifikationen.....	72
4.2	Patientengut.....	73
4.2.1	Ausfallquoten.....	73
4.2.2	Geschlechterverteilung.....	74
4.2.3	Altersverteilung.....	74
4.2.4	Intraoperative Diagnosen.....	75
4.2.5	Klinische Symptomatik.....	75
4.2.6	Die Bedeutung des Scores.....	76
4.2.7	Anzahl der operierten Segmente und Wirbelkörper.....	78
4.2.8	Höhenverteilung der Segmente und Wirbelkörper.....	78
4.3	Ergebnisse.....	79
4.3.1	Operationsdauer.....	79
4.3.2	Krankenhausverweildauer.....	79
4.3.3	Klinische Ergebnisse.....	80
4.3.4	Radiologische Ergebnisse.....	81
4.3.5	Komplikationen.....	85
5.	Zusammenfassung.....	88
6.	Summary.....	89
7.	Anhang.....	91
8.	Literaturverzeichnis.....	93
9.	Erklärung zur Doktorarbeit.....	103
10.	Danksagung.....	104

1. Einleitung

1.1 Degenerative Erkrankungen der Halswirbelsäule

Bei jedem Menschen kommt es im Laufe seines Lebens zu degenerativen Veränderungen der Wirbelsäule. Die Halswirbelsäule ist aufgrund der Haltefunktion und enormen Flexibilität, mit der sie dynamische Ausgleichsfunktionen ermöglicht, einer besonderen Belastung unterworfen. Ausgehend von einer frühzeitigen Bandscheibendegeneration kommt es zu reaktiven osteophytären Anbauten der angrenzenden Wirbelkörper, zu einer Hypertrophie der Bänder oder zu Arthrosen. Bei Erreichen eines pathologischen Stellenwertes ist mit einer lokalen HWS-Symptomatik, einer Radikulopathie und/oder einer Myelopathie zu rechnen. Dann sprechen wir von dem Krankheitsbild des Zervikalsyndroms, das teilweise enorme soziale und gesellschaftliche Folgen mit sich bringt. Nach Statistiken der Krankenkassen und Rentenversicherungsanstalten sind 20% der Arbeitsausfälle in Deutschland durch Erkrankungen der Bandscheibe bedingt und etwa 50% der vorzeitigen Rentenanträge werden wegen bandscheibenbedingter Erkrankungen gestellt (KRÄMER 2006). In einem Drittel aller Fälle sind die Bandscheiben im Bereich der Halswirbelsäule die Ursache. Jenseits des 70. Lebensjahres ist bei fast allen Menschen unterschiedlich stark ausgeprägt mit spondylo-phytischen Degenerationen der Halswirbelsäule zu rechnen. Aus diesen Gründen ergeben sich hohe Anforderungen an die medizinischen Fortschritte der Wirbelsäulen Chirurgie in der Behandlung der degenerativen Erkrankungen der Halswirbelsäule.

1.1.1 Ätiologie und Pathogenese

Bereits in der dritten Lebensdekade kommt es zu Degenerationen der Bandscheibe (Chondrosis intervertebralis) im Bereich der Halswirbelsäule. Der Nukleus pulposus, vom Anulus fibrosus umgeben, verliert Wasser und Proteoglykane und dadurch an Elastizität. Zusätzliche Belastungsvorgänge sorgen für eine Riss- und Spaltenbildung des Anulus fibrosus, wodurch es zu einer Verlagerung des Bandscheibengewebes kommen kann. Bleibt hierbei das hintere Längsband intakt, sprechen wir von einer Protrusion, ist es durchbrochen, handelt es sich um einen Prolaps. Besteht zwischen ausgetretenem Gewebe und der Bandscheibe kein Kontakt mehr, liegt ein Bandscheibensequester vor. Meistens kommt es zu einem medio-lateralen Bandscheibenaustritt in Richtung der Nervenwurzel (mediolaterale Kompression). Dringt das Gewebe in Richtung Spinalkanal (mediale Kompression), kann hieraus eine Myelonkompression resultieren.

Infolge der Degenerationen verliert die Bandscheibe auch an Höhe, wodurch sich die ligamentären Strukturen lockern und es zu einer Destabilisierung des gesamten Bewegungs-segmentes kommt (JUNGHANNS 1954), der so genannten Bau- und Funktionseinheit der Wirbelsäule. Es kommt zu einer Fehlbelastung sämtlicher Anteile des Bewegungssegmentes mit kompensatorischer Weichteilhypertrophie und der Bildung osteophytärer Anbauten (BOHLMAN und EMERY 1988). Diese Veränderungen können einzeln oder in Kombination miteinander auftreten, eine Einengung der Foramina intervertebralia und/oder des Spinalkanals bewirken und dadurch zu einer Nervenwurzel- oder Myelonkompression führen. In den meisten Fällen bestimmt nicht die Größe der lokalen Osteophyten den Krankheitswert, sondern die Weite des Spinalkanals ist entscheidend. Während beim gesunden Menschen ein durchschnittlicher Spinalkanaldurchmesser von 17-18 mm besteht (BURROWS 1963), wird mit einem markschädigenden Effekt ab einem anterior-posterioren Durchmesser von unter 13 mm gerechnet (FERGUSON und CAPLAN 1985). Aufgrund der Intumeszenz des Myelons im Bereich der unteren Halswirbelsäule (HWK 5-7) ist hier der extramedulläre Anteil des Spinalkanals relativ klein. Da hingegen der Bewegungsumfang in diesen Abschnitten am größten ist, können hier spondylootische Anbauten frühzeitig zu einer Schädigung des Myelons führen (PARKE 1988). Darüber hinaus kann eine Verknöcherung des hinteren Längsbandes oder ein hypertrophiertes Ligamentum flavum eine Kompression des Spinalkanals bewirken. Besteht zusätzlich eine Gefügelockerung oder eine Spondylolisthesis, sind bewegungsabhängige Myelon- und/oder Nervenwurzelkompressionen möglich. Von einem „Kneifzangenmechanismus“ wird gesprochen, wenn die Flexion der Halswirbelsäule zu einer ventralen Kompression der neuralen Strukturen führt und die Extension eine dorsale Kompression bewirkt (WHITE et al. 1988). Führen Spondylophyten zu Durchblutungsstörungen der spärlich angelegten Arteria spinalis anterior und ihren alternierend halbseitig angelegten Endverzweigungen, handelt es sich um eine ischämische Myelopathie (FEHLINGS und SKAF 1998).

1.1.2 Geschichtliche Entwicklung

Mitte des 19. Jahrhunderts wurden erstmalig neurologische Störungen mit degenerativen Veränderungen des Spinalkanals in Verbindung gebracht. So beschrieb KEY (1838) spondylootische Veränderungen im Bereich der Halswirbelsäule (HWS) an zwei Patienten mit dem klinischen Bild einer Paraplegie. HORSLEY führte eine zervikale Laminektomie

durch, bei der sich in Höhe des sechsten Halswirbelkörpers ein horizontaler Knochensporn zeigte, der zu einer Kompression des Rückenmarks führte (HORSLEY 1892 zit. n. MUMENTHALER 1957). Auch GOWER'S berichtete über Osteophyten, die von den dorsalen Wirbelkörpern ausgehen und sowohl den Spinalkanal als auch die Foramina intervertebralia verschmälern (GOWERS 1886 zit. n. MUMENTHALER 1957). STOOKEY (1928) führte den pathologischen Effekt einer Myelon- und Nervenwurzelkompression auf extradural liegende „Knorpeltumoren“ zurück. PEET und ECHOLS (1934) vermuteten, dass es sich bei diesen „Knorpeltumoren“ um abgelöstes Bandscheibengewebe handelt. Im selben Jahr untermauerten MIXTER und BARR (1934) die Bandscheibentheorie anhand ihrer Beobachtungen aus 19 Fällen, in denen rupturierte Bandscheibenvorfälle neurologische Symptome erzeugten. CLARKE und ROBINSON (1956) unterschieden eine akute bandscheibenbedingte zervikale Radikulopathie, die primär eine Wurzelkompression nach sich zieht, von einer knöchernen spondylogenen Myelopathie, die zu einer Myelonkompression führt. BRAIN et al. (1952) definierten die zervikale spondylogene Myelopathie (ZSM) als eine chronische, mit Osteophyten und hypertrophischen Veränderungen einhergehende Erkrankung, die sowohl eine Myelonkompression, als auch eine Nervenwurzelkompression oder eine Kombination aus beidem bewirken kann. HUGHES und BROWNELL (1966) demonstrierten anhand einer Mortalitätsstudie, dass sich ein enger Spinalkanal prädisponierend auf die Entstehung der ZSM auswirkt. In den fünfziger Jahren wurden von ROBINSON und SMITH (1955) ventrale Operationstechniken zur Behandlung der zervikalen Diskopathien und degenerativen Instabilitäten eingeführt. CLOWARD (1958) operierte degenerative Diskopathien mit einer modifizierten Operationstechnik. BAILEY und BADGLEY veröffentlichten 1960 eine ausführliche Beschreibung der seit 1952 angewendeten ventralen Operationsmethode. BERNARD und WHITECLOUD (1987) sowie BONI (1984) führten die WK-Ersatzmethode als ventrale Operationstechnik bei der mehrsegmentalen degenerativen Myelopathie ein.

1.2 Klinische Symptomatik

1.2.1 Lokales HWS-Syndrom

Die Ursachen eines lokalen Halswirbelsäulensyndroms können eine Bandscheibenprotrusion, eine Druck- und Zugbelastung des Lig. long. posterius, unphysiologische Belastungen der HWS oder lokale metabolische Störungen (KRÄMER 2006) sein. Es kommt zu schmerzhaften paravertebralen Muskelverspannungen. Der Patient zeigt eine Schonhaltung wie das Caput obstipum (Schiefhals) oder berichtet über schmerzhafte Bewegungseinschränkungen der HWS.

1.2.2 Radikuläres Syndrom

Das radikuläre Syndrom wird überwiegend durch mediolaterale Bandscheibenvorfälle hervorgerufen, die zu einer Nervenwurzelkompression im Foramen intervertebrale führen. Des Weiteren kann eine ZSM durch osteophytäre Anbauten an der dorsalen WK-Kante, verbunden mit von dorsal wuchernden Osteophyten einer Spondylarthrose zu einem „Kneifzangenmechanismus“ eine Kompression der Nervenwurzel im Foramen intervertebrale bewirken. Die mechanischen Kräfte der HWS sind im Bereich der unteren Segmente am größten, so dass Umbauvorgänge hier am schnellsten voranschreiten. Folglich kommt es am häufigsten in diesen Abschnitten (C5-C8) zu Nervenwurzelirritationen. Die Nervenwurzeln C6 und C7 sind hierbei häufiger als die Wurzeln C5 und C8 betroffen. Zu Beginn äußert sich das radikuläre Syndrom durch Schmerzen und Sensibilitätsstörungen in den Armen, im fortgeschrittenen Stadium kommen Lähmungen und Muskelatrophien hinzu. Diese Symptome lassen sich Dermatomen bzw. Kennmuskeln zuordnen, wodurch eine entsprechende Lokalisierung der Wurzelschädigung möglich ist. Dabei sind überlappende Innervationen einzelner Segmente zu beachten.

1.2.3 Myelopathisches Syndrom

Bei dem myelopathischen Syndrom führen zervikale spondylotische Veränderungen zu einer lokalen Kompression oder zur Einengung des Spinalkanals mit medullären Läsionen. Schädigungen der langen motorischen Bahnen (Pyramidenbahnen) führen zu Gangstörungen (BECK 1991, OGINO et al. 1983). Störungen der Oberflächen- und Tiefensensibilität der unteren Extremitäten infolge der Schädigung der langen sensiblen Bahnen treten in ca. 1/6 der Fälle in Erscheinung. Störung von Lage- und Vibrationssinn der Hände treten bei hoch angelegten komprimierenden Spondylosen (C3-C5) auf. Als

Ausdruck einer Pyramidenbahnschädigung finden sich seitendifferent gesteigerte Muskel-eigenreflexe, ein erhöhter Muskeltonus und pathologische Reflexe (SPILLANE und LLOYD 1952). Zusätzlich kommt es in ca. 50% der Fälle zu Blasen- und Mastdarmstörungen, jedoch geringen Ausmaßes (BRADSHAW 1957). Reizungen des Myelons können sich durch elektrisierende Schmerzen bei bestimmten Bewegungen der HWS äußern, was Lhermitte-Zeichen genannt wird. Etwa bei der Hälfte der Patienten bestehen zusätzlich sensible und motorische Beeinträchtigungen der oberen Extremitäten. Das können Paresen der Arme und/oder der Hände sowie zusätzliche Atrophien oder lebhaftes Faszikulationen sein. Überlagerungen radikulärer und spinaler Störungen lassen die sensiblen Symptome an den Armen erheblich variieren.

1.3 Apparative Diagnostik

Die apparative Diagnostik ergänzt und präzisiert die durch Anamnese und klinische Untersuchung erhobenen Befunde. Den klinischen Symptomen soll ein morphologisches Korrelat entsprechen. Verschiedene bildgebende Verfahren werden genutzt, um die klinischen Symptome mit den pathologischen Veränderungen in Einklang zu bringen.

1.3.1 Röntgen

Die konventionelle Röntgenuntersuchung hat unverändert einen festen Stellenwert in der Diagnostik degenerativer Erkrankungen der HWS. Das Röntgen kommt als erster Schritt in der Stufendiagnostik zur Anwendung (ABEL et al. 1998). Es werden anterior-posteriore und seitliche Bilder sowie 45°-Schrägaufnahmen durchgeführt.

Mit anterior-posterioren (a.p.) und lateralen Aufnahmen lassen sich verschiedene Degenerationen nachweisen, die ein HWS-Syndrom bedingen können. Als direkte Zeichen sind ossäre Anbauten zu erkennen. Eine Spondylarthrosis deformans und eine Spondylarthrosis uncovertebralis sind auszumachen. Es lassen sich Subluxationen oder eine Luxation als Folge einer Gelenkzerstörung feststellen. Der Achsenverlauf und die Stellung der HWS und ihre Segmente zueinander können beurteilt werden. Aussagen über das Bandscheibenfach, die eingebrachten Implantate, den Status der Fusion und Zeichen einer Lockerung sind möglich. Die ossäre Spinalkanalweite lässt sich mithilfe der Boijesen-Linien abmessen (BOIJSEN 1954). Darüber hinaus können Entwicklungs- und Stellungsanomalien aufgezeigt werden. Nicht zuletzt ist eine Abgrenzung der degenerativen Veränderungen von traumatischen, entzündlich-rheumatoiden oder tumorösen Prozessen

möglich (SCHNUR und CLAR 1993). 45°-Schrägaufnahmen erlauben die Beurteilung der Zwischenwirbellöcher (Neuroforamina). So kann eine Höhenminderung des Bandscheibenfaches zu einer kranialen Verschiebung der superioren Gelenkfacette führen und eine Einengung der Neuroforamina bewirken. Darüber hinaus lassen sich posttraumatische Subluxationen oder Luxationen abgrenzen, ebenso indirekt Neurinome oder Meningeome, bei denen es zu einer Erweiterung der Foramina intervertebralia gekommen ist.

Funktionsaufnahmen zeigen Bewegungsstörungen im Sinne von segmentalen Hypo- oder Hypermobilitäten. Man erkennt eine Spondylolisthese. Eine Einteilung kann nach Meyerding Grad I-IV erfolgen. Beim Erwachsenen deutet ein Wirbelgleiten von >2 mm auf eine Instabilität hin (Dvořák 1999). Da röntgenologische Veränderungen nicht immer mit klinischen Befunden übereinstimmen, ebenso wie klinische Beschwerden nicht immer mit röntgenologischen Befunden korrelieren müssen, werden verschiedene Untersuchungstechniken häufig miteinander kombiniert. Hinzu kommt, dass schichtbildende Verfahren in der Genauigkeit dem konventionellen Röntgen deutlich überlegen sind.

1.3.2 Magnetresonanztomografie

Die Magnetresonanztomografie (MRT) kann größere Wirbelsäulenabschnitte ohne Strahlenbelastung darstellen. Techniken mit dünner Schichtung ermöglichen es in der T1-Gewichtung, zwischen dorsal vorgewölbtem Bandscheibengewebe, Osteophyten und einer Bandhypertrophie zu differenzieren. Darüber hinaus lassen sich mit der Methode die neuralen Strukturen direkt darstellen, eine Differenzierung von entzündlichen Prozessen und die Erkennung von Tumoren ist möglich. Die MRT wird als diagnostische Methode erster Wahl bei bestehendem Verdacht einer zervikalen spondylotischen Myelopathie angesehen (BÜCHELER et al. 2006, Leitlinien der DGN 2008, MEYER et al. 2008).

In der sagittalen T2-Gewichtung lässt sich besonders gut eine bestehende Spinalkanalstenose darstellen. Eine Verringerung des in dieser Gewichtung weiß abgebildeten Subarachnoidalraums zeigt zum einen die Höhe und das Ausmaß der Kompression des Rückenmarks, zum anderen können die maßgeblich beteiligten Strukturen diagnostiziert werden. GOLASH et al. (2001) sehen das Ausmaß der Reduktion des Liquorraums in der stenotischen Region als Indikator für eine ungünstige Prognose. In der T2-Gewichtung findet sich bei einer chronischen Rückenmarkskompression eine hyperintense intramedulläre Anreicherung. Dieses wird als eine Rückenmarksschädigung bewertet und

entspricht möglicherweise einem Ödem mit Gliose und kleineren Ischämien (MORIO et al. 2001).

Nachteilig bei der MRT ist die Artefaktbildung nach Operationen, bei denen Implantate eingebracht wurden. Durch hohe Feldstärken wird dieser Effekt zusätzlich verstärkt, so dass Aussagen teilweise nur eingeschränkt möglich sind.

1.3.3 Computertomografie und Myelo-CT

Die Computertomografie (CT) ermöglicht im Knochenfenster die exakte Darstellung knöcherner Veränderungen wie Ossifikationen und Osteophytenbildungen. Sie dient der genauen Beurteilung der Foramina intervertebralia und gibt Informationen über das Ausmaß einer Spinalkanalstenose. Des Weiteren ermöglicht die CT die Differenzierung eines Bandscheibenprolapses von einem Osteophyten. Die CT und die MRT liefern teilweise komplementäre Informationen (SHAFIIE et al. 1999), was es aber nicht zwingend notwendig macht, immer beide Verfahren bei einem Patienten anzuwenden.

Das Myelo-CT als invasives Verfahren mit vorherigem Einbringen von Kontrastmittel in den spinalen Subarachnoidalraum und nach Anfertigung konventioneller Myelographiebilder eignet sich besonders gut in Kombination mit der High Resolution Computertomografie zur Diagnostik des Spinalkanals, da hierdurch eine exakte Beurteilung der Wurzeltaschen, das Ausmaß raumfordernder Prozesse und bewegungsabhängiger Veränderungen möglich ist. In der präoperativen Phase kam diese Methode häufig zur Anwendung (PERNECZKY et al. 1992), insbesondere bei multisegmentalen Prozessen oder unklaren klinischen und bildmorphologischen Befunden. Mittlerweile wird diese Technik nur noch in Ausnahmefällen angewendet, wenn eine noch genauere Differenzierung knöcherner Raumforderungen und Weichteilläsionen erforderlich ist und die MRT in der Beurteilung nicht ausreicht (BARON und YOUNG 2007).

1.3.5 Elektrophysiologische Diagnostik

Die Elektrophysiologie kann bei eindeutigem Stenosebefund in der Bildgebung aber geringer klinischer Symptomatik die Indikation für eine Operation bestätigen oder relativieren (KANCHIKU et al. 2001). Trotz einer Korrelation zwischen pathologischen Tibialis-SSEP's (somato-sensibel evozierte Potentiale) und einer Hinterstrangsymptomatik (YU und JONES 1985) kann hiermit keine Aussage über den Schweregrad, den Verlauf

oder über die Prognose der zervikalen spondylotischen Myelopathie gemacht werden (AMINOFF et al. 1984, BEDNARIK et al. 1999).

1.4 Therapieverfahren

1.4.1 Allgemeine Richtlinien

Außer bei starken Lähmungen oder eindeutigen Zeichen einer zervikalen Myelopathie, die eine eindeutige Operationsindikation darstellen, sind konservative Maßnahmen zunächst bei allen degenerativen Erkrankungen der HWS indiziert und sollten bei leichten Lähmungserscheinungen immer begleitend angewendet werden. Meistens werden verschiedene Verfahren miteinander kombiniert. Regelmäßige Kontrolluntersuchungen dienen der rechtzeitigen Erfassung einer Befundverschlechterung und einem Überdenken therapeutischer Optionen.

1.4.2 Analgetische Therapie und Muskelrelaxation

Die Behandlung von Schmerzen steht häufig an erster Stelle der konservativen Therapie. Es handelt sich hierbei um einen aufschaukelnden Kreislauf zwischen Schmerzen, Muskelverspannung und Schmerzverstärkung. Hierbei haben sich Schmerzmittel und bestimmte nichtsteroidale Antirheumatika (NSAR) besonders gut bewährt. Bei Nacken- und Hinterkopfschmerzen kann die Injektion von Lokalanästhetika an die okzipitalen Nervenaustrittspunkte zu einer Besserung beitragen (KRÄMER 2006). Physikalische Maßnahmen wie Massagen, Kurzwellenbestrahlungen oder Wärmeanwendungen dienen zur Förderung der Durchblutung der Nackenmuskulatur und werden bei leichteren Nacken- oder Armschmerzen eingesetzt.

1.4.3 Krankengymnastik

Eine krankengymnastische Übungsbehandlung kommt in allen Fällen der Nervenwurzelreizungen zur Anwendung. Eine Kräftigung der die HWS stützenden Muskulatur soll erreicht werden. Dieses führt zu einer Haltungsverbesserung der Wirbelsäule und sorgt für eine Entlastung verspannter Muskulatur. Der Patient sollte für diese Maßnahmen einigermaßen schmerzfrei sein, da er sonst bestimmte Übungen nicht durchführen kann oder möchte.

1.4.4 Immobilisation

Patienten mit großer Bewegungsmöglichkeit der HWS zeigen häufiger eine Progression ihrer Symptomatik, so dass im Akutstadium eine Immobilisation des Halses durch eine Hals-krawatte in Erwägung gezogen werden kann. Diese Maßnahme sollte nachts und nicht länger als zwei Monate hinaus erfolgen, da sonst mit einer Atrophie der die Halswirbelsäule stabilisierenden Muskulatur gerechnet werden muss (AWMF 2008, LAROCCA 1988, LEES et al. 1963). Bei einer gewissen Instabilität der HWS oder bei Patienten mit einem positiven Lhermitte-Zeichen kann eine temporäre Immobilisation bis zur Operation notwendig werden und eine Linderung der Beschwerden erzielen.

1.4.5 Manual- und Chirotherapie

Die Manualtherapie wird zur Linderung von Schmerzen eingesetzt. Sie wirkt durch ein vorsichtiges Dehnen der Muskulatur in der Nackenregion. Hierdurch sollen vorliegende Minimalfehlstellungen der Wirbelgelenke (Blockierungen) korrigiert werden, um so eine Reduktion der fehlstellungsbedingten Nozizeptorenreizung zu bewirken. Als chirotherapeutische Maßnahme kann bei Zervikalgien und Brachialgien eine Traktion der HWS zur Anwendung kommen. Bei dem Vorliegen neurologischer Ausfallserscheinungen ist äußerste Vorsicht geboten. Durch die Traktion der HWS werden die nervalen Strukturen durch Zug entlastet. Dieses geschieht manuell oder mit Hilfe der Glisson-Schlinge (HUBER und WINTER 2005).

1.5 Operative Therapie

1.5.1 Indikation

Zur Indikationsstellung müssen die klinischen Symptome, das Alter und der allgemeine Gesundheitszustand des Patienten sowie die Lokalisation und das Ausmaß der Pathologie berücksichtigt werden. Als relative Operationsindikation gelten Wurzelirritationen, einhergehend mit nuchaler oder radikulärer Schmerzsymptomatik, leichtere neurologische Ausfallserscheinungen (Paresen > KG 3/5) ohne Besserungstendenz trotz mehrwöchiger konservativer Therapie und häufig rezidivierende radikuläre Beschwerden mit fehlenden oder geringgradigen neurologischen Defiziten. Eine absolute Operationsindikation besteht bei Myelonkompression mit schwerer Schädigung der langen Bahnen, einer Harn- oder Stuhlinkontinenz oder bei frischen und progredienten neurologischen Ausfällen (KRÄMER 2006).

1.5.2 Ziel der Operation

Das primäre Ziel der operativen Therapie ist eine Dekompression des Rückenmarks und/oder der Nervenwurzeln, um die klinischen Symptome zu verbessern bzw. eine Progression zu verzögern oder aufzuhalten. In 80-90% der Fälle ist auf operativem Weg eine Besserung oder zumindest eine Stabilisierung des Befundes zu erreichen (CHILES et al. 1999, VOSKUHL und HINTON 1990).

1.5.3 Dorsale Operationsverfahren

Der dorsale Zugang galt lange Zeit als die Methode der Wahl in der Behandlung degenerativer Halswirbelsäulenerkrankungen. Eingesetzt werden diese Verfahren heutzutage vorwiegend bei dorsal gelegenen Pathologien wie zum Beispiel bei einem verdickten Ligamentum flavum (WANG und GREEN 2003) oder einer Ossifikation des hinteren Längsbandes (SCHMIDT et al. 2002). Darüber hinaus kann aber auch ein lateraler Bandscheibenvorfall oder die Unmöglichkeit des ventralen Zugangs aufgrund einer ausgeprägten Kyphose oder anderer ungünstiger anatomischer Verhältnisse (z.B. sehr kurzer oder sehr dicker Hals) eine Indikation für ein dorsales Verfahren sein. Die Laminektomie sorgt durch eine Entfernung der Wirbelbögen oder Teile der Bögen zu einer Dekompression des Rückenmarks, das dann entsprechend ausweichen kann. Hierbei werden hohe Instabilitätsraten und Flexionsdeformitäten in bis zu 21% beobachtet (ARNOLD et al. 1993, HERKOWITZ 1988). Dieses hat zur Entwicklung der dorsalen Laminoplastik geführt, bei der der Spinalkanal nach der Dekompression wieder rekonstruiert wird. Eine dorsale Osteosynthese z.B. mit Stab-Schraubensystemen sorgt für eine Stabilisierung und verhindert die sekundäre kyphotische Achsenabknickung, auch Postlaminektomiekypnose genannt (KUMAR et al. 1999). Verschiedene Varianten der Laminoplastik kommen heutzutage zur Anwendung (KIMURA et al. 1984, TSUJI 1982). Mit der dorsalen Foraminotomie nach Frykholm, einer Methode die lange Zeit Goldstandard in der Behandlung der zervikalen Bandscheibenvorfälle war, können ein lateraler Bandscheibenvorfall bzw. eine knöcherne Einengung des Foramens beseitigt werden (FRYKHOLM 1951, KRUPP et al. 1990).

1.5.4 Ventrale Operationsverfahren

Die ventralen Operationsverfahren ermöglichen es, sich auf direktem Weg den überwiegend von ventral ausgehenden bandscheibenbedingten Degenerationen und spondylotischen Anbauten zu nähern. Hierbei werden bis auf das Platysma und kleinere Venenäste keine relevanten Strukturen durchtrennt. Dieses atraumatische Präparieren stellt einen großen Vorteil im Vergleich zu den dorsalen Verfahren da, bei denen die nackenstützende Muskulatur teilweise durchtrennt werden muss. Es gelingt eine direkte Darstellung des gesamten Zwischenwirbelraumes und eine breite Dekompression des Myelons und der Nervenwurzeln. Diese Verfahren eignen sich bei von ventral hervorgerufenen medialen Stenosen sowie bei medialen und mediolateralen Bandscheibenvorfällen. Darüber hinaus können mit diesen Verfahren Instabilitäten der Halswirbelsäule beseitigt werden. Bei der ursprünglichen Smith-Robinson-Technik (SMITH und ROBINSON 1958) erfolgen nach vollständiger Diskektomie die Entknorpelung des Bandscheibenfaches, die anschließende Anfrischung der Grund- und Deckplatten und das Einbringen eines autologen Knochenspans (Abb.1).



Abb.1: Autologer trikortikaler Beckenkammspan

Bei der modifizierten Smith-Robinson-Technik erfolgt zusätzlich eine vollständige Resektion des hinteren Längsbandes und das Abtragen von Osteophyten. Anschließend wird ein trikortikaler Beckenkammspan in den Intervertebralraum eingesetzt. Der Unterschied zur Cloward-Technik liegt in der Art der Präparation des Bandscheibenfaches und der Form des eingesetzten Knochenspans, dieser ist bei der Cloward-Technik zylindrisch (CLOWARD 1958). Die ursprünglichen Techniken kommen heutzutage in modifizierter Form zur Anwendung. Hierfür stehen zahlreiche unterschiedliche Interponate zur Verfügung: Autologe, heterologe oder allogene Knochentransplantate (BROWN et al.

1988) sowie Interponate aus PMMA (Polymethylmethacrylat = Palacos), Cages (Hohlkörper) aus Carbon (SEVKI et al. 2004), Titan (DAENTZER et al. 2005) oder PEEK (Poly-Ether-Ether-Ketone). Die jüngsten Entwicklungen sind Bandscheibenprothesen (GOFFIN et al. 2003, JÖLLENBECK et al. 2004) und resorbierbare Cages (VACCARO und MADIGAN 2002). Es hat sich gezeigt, dass sich diese Verfahren auch bei mehrsegmentalen Degenerationen mit Erfolg einsetzen lassen.

Eine weitere Alternative zur Dekompression mehrerer Segmente stellten BERNARD und WHITECLOUD (1987) sowie BONI et al. (1984) mit der Wirbelkörperersatzoperation (Korporektomie) vor. Durch das Abtragen größerer Anteile der Wirbelkörper wird eine besondere Weite und Übersichtlichkeit des Operationsfeldes erreicht.

Sowohl bei der mehrsegmentalen Fusionsoperation als auch bei der Korporektomie kommen Osteosyntheseplatten zum Einsatz, diese erhöhen die Stabilität der operierten Segmente (Abb.2).



Abb.2: Plattenosteosynthese: Codman-Platte

1.5.5 Die mehrsegmentale Fusionsoperation

Indikation: Die Indikation stellen Pathologien (Stenose, BSV) über mehrere Höhen mit Ausdehnung nicht wesentlich über die Höhe des Zwischenwirbelraumes dar (Abb.3).

Vorteile: Von Vorteil ist die kurze Fusionsstrecke pro Segment. Demzufolge sollen eine geringere Pseudarthrose-Rate und mehr Stabilität zwischen den Segmenten durch den belassenen Wirbelkörper resultieren, was oftmals eine zusätzliche Plattenosteosynthese mit erhöhtem Aufwand und Kosten unnötig macht. Darüber hinaus ist das Risiko für die Verletzung der Arteria vertebralis sehr gering (DAENTZER et al. 2003), und es besteht eine große Auswahl von verschiedenen Interponaten (Knochenspan, PMMA, Cages).

Nachteile: Hier sind die Gefahren einer ungenügenden Dekompression bei Ausdehnung einer Stenose oder eines BSVs bis hinter den gesamten Wirbelkörper zu nennen.

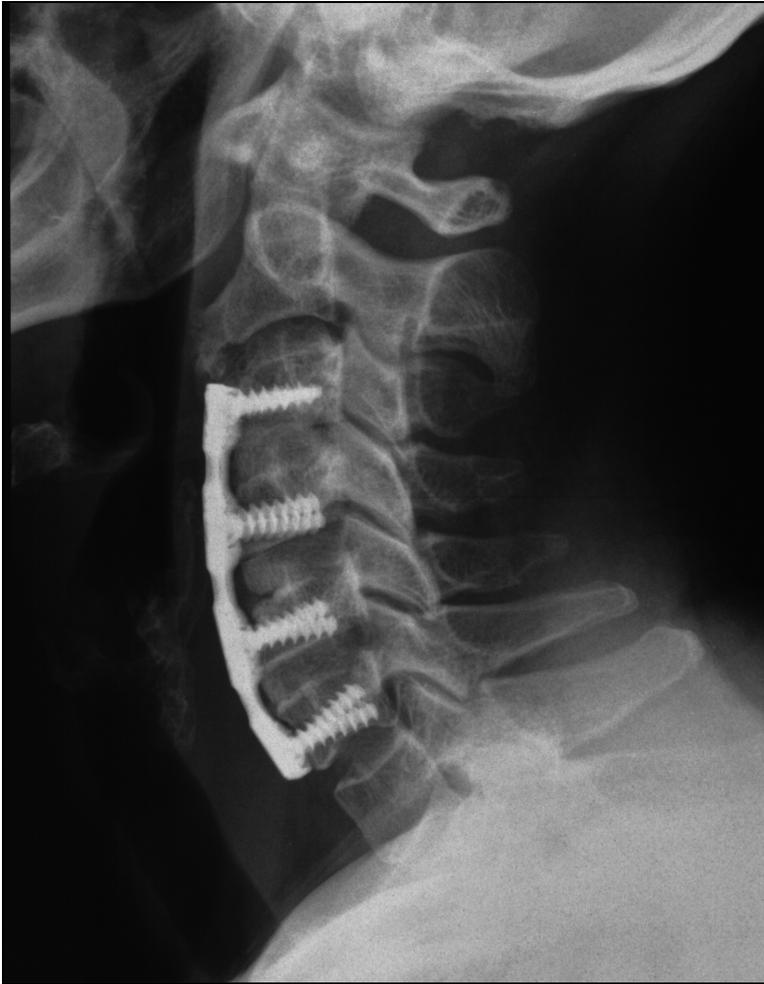


Abb.3: Seitliche Röntgendarstellung: Mehrsegmentale Fusion

1.5.6 Die Wirbelkörperersatzoperation

Indikation: Die Indikation für einen Wirbelkörperersatz besteht bei unmittelbar hinter dem Wirbelkörper gelegenen Pathologien, langstreckigen dorsalen Osteophyten oder einem primär zu engen Spinalkanal mit der Gefahr einer intraoperativen Myelonschädigung (Abb.4).

Vorteile: Von Vorteil gegenüber der mehrsegmentalen Fusionsmethode ist eine bessere Übersicht, um bei einer sich hinter den gesamten Wirbelkörper ausdehnenden Stenose eine suffiziente Dekompression zu erreichen.

Nachteile: Nachteilig erscheinen ein größerer Substanzdefekt und eine längere Fusionsstrecke und die damit verbundene höhere Pseudarthrosen- und Sinterungsrate mit oft zwingender Plattenosteosynthese. Dieses ist mit erhöhtem Aufwand, mehr Kosten und

Risiken verbunden, zum Beispiel mit der Gefahr der Verletzung der Arteria vertebralis (PFEIFER et al. 1994).



Abb.4: Seitliche Röntgendarstellung: Wirbelkörperersatz

1.5.7 Komplikationen

Hohlorganperforation: Die Gefahr der Perforation von Pharynx, Ösophagus und/oder Trachea besteht aufgrund der räumlichen Nähe zum Zugangsort. Dieses Risiko kann durch ein stumpfes Vorgehen bis zum Erreichen des Musculus longus colli minimiert werden.

Schluckstörungen und Heiserkeit: Die Komplikationen Schluckstörungen und Heiserkeit können intubationsbedingt, infolge der intraoperativen Retraktion der Weichteile oder aufgrund einer perioperativen Weichteilschwellung auftreten und im Extremfall bis zu einer Obstruktion der oberen Luftwege führen (EMERY et al. 1991).

Stimmbandlähmung: Aufgrund der anatomischen Nähe des N. laryngeus mit seinen superioren und inferioren Ästen zum Eingriffsort besteht das 11%ige Risiko einer vorübergehenden Stimmbandlähmung und das 4%ige Risiko, mit einer irreversiblen Stimmbandlähmung aus der Operation hervorzugehen (GREENBERG 1997). Das Risiko kann minimiert werden, indem auf die scharfe Retraktion der paratrachealen Muskulatur verzichtet wird. Außerdem wird eine Entblockung des Tubus nach Setzen der Retraktion empfohlen.

Arteria vertebralis-Läsion: Bei zu weit nach lateral geführter Dekompression sind die Gefahren einer Thrombose sowie einer Arteria vertebralis-Verletzung gegeben (DAENTZER et al. 2003).

Arteria carotis-Läsion: Ebenfalls durch die Traktion bedingt, besteht das Risiko der Arteria carotis-Läsion oder der Entwicklung einer Thrombose der Arteria carotis. Scharfe Retraktoren sind zu vermeiden.

Durafistel: Im Falle einer Duraverletzung ist eine Deckung erforderlich, um das Risiko der Entstehung einer Durafistel zu vermeiden. Postoperativ soll hierbei der Oberkörper erhöht liegen, gegebenenfalls ist eine lumbale Liquordrainage indiziert.

Horner-Syndrom: Bedingt durch den Verlauf des sympathischen Nervenplexus im Musculus longus colli kann es zur Verletzung des Plexus und zu einem Horner-Syndrom kommen. Daher ist eine äußerst laterale Dissektion der Muskulatur zu vermeiden.

Postoperatives Wundhämatom: Das postoperative Wundhämatom tritt in ca. 1,5% der Fälle auf und bildet sich in der Regel innerhalb weniger Wochen folgenlos zurück (BERTALANFFY und EGGERT 1988).

Wundinfektion: Das Risiko für das Auftreten einer Wundinfektion liegt ebenfalls bei ca. 1,5% (BERTALANFFY und EGGERT 1988).

Rückenmarks- oder Nervenwurzelläsion: Beim Vorliegen einer Spinalkanalstenose liegt das Risiko für die Verletzung des Rückenmarks bei ca. 1,5%. Bei bestehender Myelopathie ist sogar in 3,3% der Fälle mit einer postoperativen Verschlechterung zu rechnen. Auf

Grund dessen sollte bei bekannter Markschädigung mit der Resektion der Osteophyten am seitlichen Rand des Intervertebralraumes begonnen werden. Dies birgt jedoch das erhöhte Risiko einer Nervenwurzelläsion in sich. Das Risiko einer Nervenwurzelläsion liegt bei etwa 1,5%. Die mikrochirurgische Technik wird daher bei der Diskektomie und Dekompression empfohlen. Um bei ausgeprägter Stenose eine Rückenmarksirritation zu vermeiden, müssen eine Hyperextension während der Intubation vermieden werden und gegebenenfalls eine fiberoptische nasotracheale Intubation erfolgen. Während der Lagerung ist ein Monitoring mit Ableitung von SSEP's sinnvoll.

Interponatdislokation: Während YONENOBU et al. (1985) in 14% der Fälle eine Interponatdislokation (autologes Beckenkamminterponat) beobachteten, wird dieses Risiko von GREENBERG (1997) mit einer Häufigkeit von nur ca. 2% beurteilt. Das dislozierte Implantat kann zu einer Nervenwurzel- oder Markkompression oder durch eine Verschiebung nach ventral zu einer Beeinträchtigung des Ösophagus oder der Trachea führen. Dann besteht die Indikation zu einer sofortigen Revision.

Einbruch in den Wirbelkörper: Abhängig von der Knochenqualität der angrenzenden Wirbelkörper können die verwendeten Interponate in ca. 2% der Fälle in die benachbarten Endplatten einsinken (GREENBERG 1997).

Schraubendislokation, -lockerung oder -bruch: Werden die Schrauben der Plattenosteosynthese nicht fest genug in den Wirbelkörper eingebracht oder bewegt sich die eingebrachte Platte minimal, so besteht die Möglichkeit einer Schraubenlockerung. Auch sind Schrauben-brüche beschrieben. Durch die Einführung von Verriegelungsplatten kann das Dislokations-risiko deutlich vermindert werden.

Komplikationen an der Knochenentnahmestelle: Mehrere Komplikationen können an der Knochenentnahmestelle am Becken auftreten. Zu nennen sind das Hämatom, die Wundheilungsstörung, die Fraktur des Beckenknochens im Bereich der Knochenentnahmestelle, eine über Monate anhaltende Schmerzsymptomatik durch Irritation des Nervus cutaneus femoris lateralis, eine Darmperforation oder eine Hernie (GRUMME und KOLODZIEJCZYK 1994).

Pseudarthrose: Die Anzahl der Pseudarthrosen variiert in der Literatur zum Teil erheblich, so dass unter der Verwendung einer Smith-Robinson-Technik oder der Cloward-Technik die Pseudarthroserate zwischen 2% und 20% liegt (GREENBERG 1997). Es hat sich gezeigt, dass mit zunehmender Anzahl zu fusionierender Höhen das Risiko der Pseudarthrose steigt.

Instabilität: Das Risiko einer resultierenden Instabilität liegt unter 1% (HERKOWITZ 1988).

1.6 Zielsetzung der Doktorarbeit

Bei der Therapie der degenerativen multisegmentalen HWS-Erkrankung stehen dem behandelnden Arzt die mehrsegmentale Fusionsoperation und die Wirbelkörperersatzoperation zu Verfügung. In Abbildung 5 werden mögliche Degenerationen im Bereich der HWS und die beiden Operationsverfahren schematisch wiedergegeben:

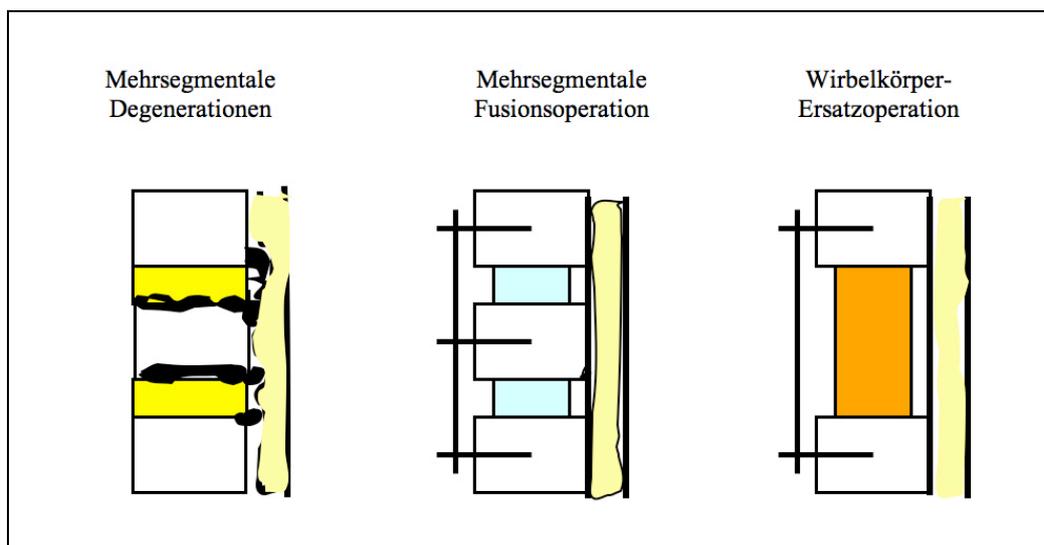


Abb.5: Operationsmethoden (Weiße Rechtecke: Wirbelkörper

In der linken Abbildung sind mögliche Degenerationen im Bereich der Halswirbelkörper (weiße Rechtecke) und Bandscheiben (gelbe Rechtecke) als schwarze Schattierungen eingezeichnet. Die Abbildung in der Mitte stellt das operative Ergebnis nach einer mehrsegmentalen Fusionsoperation dar. Nach Resektion der Bandscheiben wurden die Osteophyten entfernt und zwei Interponate (blaue Rechtecke) als Platzhalter eingebaut. Bei der WK-Ersatzmethode wurden die Bandscheiben und zusätzlich ein kompletter Wirbelkörper entfernt, um so eine vollständige Dekompression der neuralen Strukturen zu

erreichen. Hiernach wurde ein Interponat (oranges Rechteck) eingesetzt. Bei beiden Operationen wurde zur Stabilisierung eine Plattenosteosynthese (vertikal als auch horizontal verlaufende, schwarze Linien) eingebaut.

In einzelnen Fällen, z.B bei Pathologien mit einer Ausdehnung hinter den Wirbelkörper, kann nur die WK-Ersatzoperation angewendet werden. Andererseits ist bei der invasiven WK-Ersatzmethode und entsprechenden Risikofaktoren mit einer erhöhten Komplikationsrate zu rechnen, so dass nur die Fusionsoperation angezeigt ist. Bei Pathologien, bei denen sowohl die Fusionsoperation, als auch die WK-Ersatzoperation angewendet werden kann, soll die vorliegende Doktorarbeit dem Operateur die Wahl für die geeignetere Methode erleichtern. Kernstück dieser Arbeit ist die Analyse der Ergebnisse von 61 Patienten, die mit einem der beiden Verfahren operiert wurden. Es werden die klinischen und radiologischen Resultate und das Auftreten von Komplikationen herausgearbeitet und einander gegenübergestellt. Anschließend werden die Ergebnisse zusammengefasst und die Überlegenheit einer Methode gegenüber der anderen diskutiert.

2. Patienten und Methodik

2.1 Patientenkollektiv und Auswertungskriterien

In dieser retrospektiven Untersuchung aus der neurochirurgischen Abteilung der Universitätsklinik Gießen wurden Daten von Patienten untersucht, die im Zeitraum vom 01.06.1993 bis 31.4.1999 wegen einer degenerativen Erkrankung der Halswirbelsäule entweder eine mehrsegmentale Fusionsoperation oder eine WK-Ersatzoperation erhalten haben.

Die Entscheidung zu einer der beiden Operationmethoden fielte der Operateur anhand des Risikoprofils der Patienten und der Ausdehnung der Degenerationen. Hatten die Patienten ein hohes Risikoprofil oder beschränkten sich die Degenerationen auf die Höhe der Bandscheibe, entschied sich der Operateur für die weniger invasive Fusionsoperation. Lagen die degenerativen Veränderungen unmittelbar hinter dem Wirbelkörper wurde die WK-Ersatzmethode angewendet. In Fällen, in denen weder ein hohes Risikoprofil, noch unmittelbar hinter dem Wirbelkörper liegende Degenerationen bestanden, hatte der Operateur die Auswahl zwischen beiden Methoden.

Von 111 Patienten lagen bei 42 Patienten nicht zu allen Nachuntersuchungszeitpunkten Daten vor. Um die Vergleichbarkeit der Ergebnisse zu den verschiedenen Untersuchungszeitpunkten zu gewährleisten wurden diese Patienten vom Kollektiv

ausgeschlossen. Der Studie entfielen acht Patienten, die gleichzeitig mit beiden Operationsmethoden behandelt wurden. Es wurden retrospektiv Daten von insgesamt 61 Patienten aufgenommen, zu denen sowohl bei der Entlassung, als auch zu allen Nachuntersuchungszeitpunkten (1-3 Monate, 4-6 Monate, 12 Monate) Daten vorlagen. Es wurden die Komplikationen erfasst, die bei 61 Dekompressions-Operationen stattfanden. Von diesen 61 Patienten wurden 38 Patienten mit der mehrsegmentalen Fusion und 23 Patienten mit der WK-Ersatzmethode operiert. Zusätzlich zu den vorgegebenen Nachuntersuchungszeitpunkten fand ein letztes Follow-up bei 32 Patienten statt. Nicht alle 61 Patienten hatten eine Follow-up Untersuchung. Daher sind die zu diesen Zeitpunkten gewonnenen Daten nur unter Vorbehalt mit den vorherigen vergleichbar.

2.2 Methodik der Untersuchung

Es wurden einheitliche anamnestische und klinische Parameter sowie standardisierte radiologische Befunde aus den gesamten Patientenunterlagen herangezogen. Die Nachuntersuchungen erfolgten 1-3 Monate, 4-6 Monate und 12 Monate nach der Operation sowie zum letzten Follow-up nach 18-72 Monaten (durchschnittlich 32,4 Monate). Zur Beurteilung des operativen Erfolges wurde ein eigener Score (Kapitel 2.3.2) erstellt der sämtliche klinische Symptome des HWS-Syndroms berücksichtigte.

2.3 Klinische Evaluation

2.3.1 Erhebung der Anamnese und klinische Untersuchung

Zu jedem operierten Patienten lagen standardmäßig erfasste Daten in den Aufnahmeunterlagen der Neurochirurgischen Klinik vor. In der Betrachtung der Daten konnten typische klinische Parameter identifiziert werden, die das Halswirbelsäulensyndrom charakterisieren und die als Grundlage des selbstentwickelten Scores dienten. Die identifizierten Parameter sind die im Folgenden genannten anamnestischen Angaben und Symptome.

1. Schmerzen im Bereich der Halswirbelsäule: Der Patient wurde präoperativ nach dem Vorliegen von Schmerzen im Bereich der Halswirbelsäule befragt und aufgefordert diese subjektive Empfindung der Kategorie leichte Schmerzen, mäßige Schmerzen oder starke Schmerzen zuzuordnen. Die in den Nachuntersuchungen ermittelte Stärke der Schmerzen wurde hiermit verglichen, und es wurde bewertet, ob die Schmerzen verschwunden waren, sich gebessert hatten, gleich geblieben oder schlechter geworden waren.

2. Bewegungseinschränkung der Halswirbelsäule: Hierbei wurde die Rotationsfähigkeit der Halswirbelsäule durch Drehung des Kopfes nach links und nach rechts geprüft und durch Augenmaß eine Einteilung der Rotationsfähigkeit vorgenommen. Als mäßig eingeschränkt galt es, wenn die Rotation sichtbar eingeschränkt war, und als stark eingeschränkt, wenn die Drehung allenfalls minimal möglich war. Im weiteren Verlauf wurde bewertet, ob die Bewegungseinschränkung komplett rückläufig war, sich gebessert hatte, gleich geblieben war oder sich verschlechtert hatte.

3. Paresen im Bereich der oberen Extremität: Die Paresen wurden durch körperliche Untersuchung aller relevanten Muskelgruppen im Bereich der oberen Extremität ermittelt. Es wurden die Armheber, Armbeuger, Armstrecker, Handbeuger, Handstrecker, Fingeradduktoren und Fingerabduktoren untersucht. Die Einteilung erfolgte nach internationalen Richtlinien (British Medical Research Council, BMRC, 1978) in sechs verschiedene Kraftgrade (KG): Ein Kraftgrad von 0/5 bezeichnet eine Plegie. Bei einem Kraftgrad von 1/5 handelt es sich um eine sichtbare Kontraktion ohne motorischen Effekt. Der Kraftgrad von 2/5 liegt vor bei möglicher Bewegung des Muskels unter Ausschaltung der Schwerkraft. Kraftgrad 3/5 bezeichnet eine Bewegung des Muskels entgegen der Schwerkraft. Bei einem Kraftgrad von 4/5 ist die Bewegung gegen mäßigen Widerstand möglich. Bei dem Kraftgrad 5/5 liegt eine normale Muskelkraft vor. In den Nachuntersuchungen wurde geprüft, ob es zu einer kompletten Remission der Paresen, einer Verbesserung, zu keiner Änderung oder zu einer Verschlechterung der Kraft gekommen war.

4. Sensibilitätsausfälle im Bereich der oberen Extremität: Mit der Fingerkuppe wurde eine herabgesetzte oder aufgehobene Berührungsempfindung (Hypästhesie, Anästhesie) in den verschiedenen Dermatomen im Seitenvergleich getestet. Der Patient gab bei geschlossenen Augen an, ob er die Berührung normal, verringert oder gar nicht spürte. Im weiteren Verlauf wurden vier Abstufungen bewertet. Das beste Ergebnis war, wenn sich die sensiblen Defizite komplett zurückgebildet hatten. Eine Besserung wurde verzeichnet, wenn sich die Anzahl der von der Hypästhesie beteiligten Dermatome verringert hatte oder wenn der Patient eine Besserung der subjektiv empfundenen Hypästhesie angab. Des Weiteren wurde ermittelt, ob die Sensibilitätsdefizite unverändert geblieben waren. Eine Zunahme der Anzahl der beteiligten Dermatome oder eine Verstärkung der subjektiv empfundenen Hypästhesie wurde als eine Verschlechterung der Sensibilität angesehen.

5. Brachialgien: Der Patient wurde nach Schmerzen mit Ausstrahlung in die Arme gefragt und aufgefordert, die Stärke der Schmerzen als leicht, mittel oder als stark zu bewerten.

Die Schmerzen wurden nach Angaben des Patienten lokalisiert und entsprechenden Dermatomen zugeordnet. In den Nachuntersuchungen wurde ermittelt, ob sich die Brachialgien komplett zurückgebildet hatten oder ob es zu einer Besserung der Schmerzen gekommen war. Diese wurde angenommen, wenn laut Patient die Schmerzstärke abgenommen oder wenn sich die Anzahl der Dermatome, in welche die Schmerzen ausstrahlten, verringert hatte. Hatte der Patient den Eindruck, dass sich die Schmerzen nicht verändert hatten, wurde das als eine gleichbleibende Symptomatik bewertet. Eine Zunahme der Schmerzen oder ein vergrößertes Areal, in das die Schmerzen ausstrahlten, wurde als eine Verschlechterung der Brachialgien angesehen.

6. Paresen im Bereich der unteren Extremität: Hierbei erfolgte im Bereich der unteren Extremität die Untersuchung von Muskelgruppen auf bestehende Paresen mit der Einteilung in verschiedene Kraftgrade. Wie unter Punkt 3 beschrieben, erfolgte die Abstufung in sechs Kraftgrade, über den Kraftgrad 0/5 bei einer Plegie bis maximal 5/5 bei voller Kraft. Die untersuchten Muskelgruppen der unteren Extremität waren: Hüftbeuger, Hüftstrecker, Hüftadduktoren und Hüftabduktoren, Kniebeuger und Kniestrecker, Fußsenker und Fußheber, Zehenbeuger und Zehenstrecker. In den Nachuntersuchungen wurde anhand der Kraftgrade der Verlauf ermittelt. Bei Zunahme der Kraftgrade auf 5/5 waren die Paresen komplett rückläufig. Bei einer Zunahme einzelner, vorher verringerter Kraftgrade wurde von einer Besserung der Paresen gesprochen. Bei gleich gebliebenen Kraftgraden waren entsprechende Paresen als unverändert bewertet worden. Eine Abnahme der Kraftgrade wurde als eine Verschlechterung der Lähmungserscheinungen angesehen.

7. Sensibilitätsausfälle im Bereich der unteren Extremität: Die Bestimmung erfolgte durch Berührung der Haut des Patienten mit der Fingerkuppe und bei geschlossenen Augen des Patienten. In den Nachuntersuchungen wurde eine intakte Sensibilität bei zuvor bestehenden sensiblen Defiziten als eine komplette Remission bewertet. Hatte sich die Anzahl der von der Hypästhesie beteiligten Dermatome verringert oder hatte sich die herabgesetzte Sensibilität laut Patient verbessert, wurde von einer Besserung der Symptomatik gesprochen. War die Ausdehnung der Sensibilitätsdefizite, gemessen an den beteiligten Dermatomen, unverändert geblieben oder wurde das Empfinden der Taubheitsgefühle als unverändert angegeben, wurde das Symptom als gleich bleibend bewertet. Die Zunahme der Anzahl der beteiligten Dermatome oder eine Verstärkung der empfundenen Hypästhesie wurde als eine Verschlechterung der Sensibilität dokumentiert.

8. Bewegungseinschränkungen der unteren Extremität: Hierbei wurde der Patient aufgefordert, einige Schritte im Untersuchungsraum zurückzulegen. Das Gangbild wurde beobachtet und in normal, leicht eingeschränkt (bei verlangsamtem oder unförmigem Gang) oder in stark eingeschränkt (bei ataktischem Gangbild oder dem Vorhandensein einer Gehhilfe) eingeteilt. In Zweifelsfällen wurden zusätzlich der Unterberger-Tretversuch sowie der Seiltänzerengang zur Ermittlung einer Gangstörung herangezogen. In den nachfolgenden Untersuchungen wurde das Gangbild erneut geprüft und ein unauffälliges Gangbild bei vorheriger Störung als eine komplette Remission bewertet. Die Rückbildung einer Gangataxie oder eine Besserung des vorher pathologischen Unterberger-Tretversuches oder des Seiltänzerengangs wurde als eine Besserung der Gangstörung bezeichnet. War der Grad der Gangstörung gleich geblieben, so wurde sie als unverändert bewertet. Hatte der Grad einer Gangstörung im Verlauf zugenommen oder war ein anfänglich normales Ergebnis beim Unterberger-Tretversuch oder Seiltänzerengang im weiteren Verlauf pathologisch, dann wurde von einer Verschlechterung der Gangstörung gesprochen.

Zusätzliche Untersuchungsparameter:

9. Reflexe der oberen und unteren Extremität: Mit dem Reflexhammer wurden die Reflexe der Kennmuskeln im Bereich der oberen und unteren Extremität im Seitenvergleich geprüft. Diese waren der Bizepssehnenreflex (BSR), Radiusperiost- (RPR), Trizepssehnen- (TSR), Patellarsehnen- (PSR) und Achillessehnenreflex (ASR). Eine Einteilung der Reflexstärke erfolgte in abgeschwächt, normal oder gesteigert.

10. Pathologische Reflexe: Der Trömner- und Babinski-Reflex wurden geprüft und das Vorhandensein dieser pathologischen Reflexe als Hinweis auf eine zervikale Myelopathie dokumentiert.

11. Atrophien der Extremitäten: Die Muskelgruppen wurden im Seitenvergleich auf das Vorliegen muskulärer Atrophien untersucht und ihr Vorhandensein dokumentiert.

2.3.2 Bewertung der klinischen Symptome

Zur Bewertung der klinischen Symptomatik kam ein eigener Score zur Anwendung. Der Vorteil dieses entwickelten Scores liegt darin, dass alle anamnestischen Angaben und klinischen Symptome eines Halswirbelsyndroms berücksichtigt werden. Des Weiteren gelingt es durch eine gleichwertige Gewichtung jedes Symptoms die Basis für einen Vergleich zu schaffen. Die bei den verschiedenen Kontrollzeitpunkten erhobenen

Untersuchungsparameter 1-8 (Kapitel 2.3.1) wurden jeweils mit dem präoperativen Befund verglichen und nach Punkten bewertet:

Symptom	Punkte
vollständige Remission	1
Besserung	2
Stagnation	3
Verschlechterung	4

Tab.1: Bewertung der klinischen Symptome

War der Parameter vollständig regredient, wurde ein Punkt gegeben. Jegliche Besserung des Parameters wurde mit zwei Punkten bewertet. Das Stagnieren des Parameters wurde mit drei Punkten bewertet. Für die Verschlechterung des Parameters wurden vier Punkte mit dem Faktor 1,5 multipliziert, also sechs Punkte gegeben. Hierdurch wurde die Verschlechterung eines Parameters besonderes gewichtet. Anschließend wurden die erreichten Punkte der einzelnen Parameter summiert, und aus der Anzahl der Parameter wurde der Durchschnitt für jeden Patienten zu jedem einzelnen Untersuchungszeitpunkt berechnet. Anhand der Score-Tabelle wurde das Ergebnis ermittelt (Tab.2).

1-1,4	1,41-1,59	1,6-2,4	2,41-2,59	2,6-3,4	3,41-3,59	3,6-6
sehr gut	(*)	gut	(*)	mäßig	(*)	schlecht

Tab.2: Score-Tabelle

Die Score-Tabelle besteht aus vier Kategorien (sehr gut, gut, mäßig und schlecht) auf einer Skala von 1-7. Werte zwischen 1-1,4 wurden als ein sehr gutes Ergebnis bezeichnet. Werte zwischen 1,6-2,4 wurden als gut klassifiziert. Werte zwischen 2,6-3,4 wurden als ein mäßiges Ergebnis beurteilt. Lagen die Werte zwischen 3,6-6, war dieses ein schlechtes Ergebnis. In den Grenzfällen (*siehe Tabelle 2) (1,41-1,59; 2,41-2,59; 3,41-3,59) entschieden die zusätzlichen Untersuchungsparameter 9-11 (Kapitel 2.3.1), ob die bessere oder schlechtere Note verwendet wurde. Waren diese Untersuchungsparameter normal oder zeigten sie im Verlauf eine Besserung, wurde die bessere Note verwendet. War jedoch mindestens einer dieser zusätzlichen Untersuchungsparameter pathologisch und

zeigte keine Besserung, erfolgte die Vergabe der schlechteren Note. Um die Relevanz der Zusatzuntersuchungen in der Bewertung zu berücksichtigen, wurde der Grenzbereich zwischen den Noten ausgedehnt.

2.4 Radiologische Evaluation

Die radiologische Verlaufsbeurteilung erfolgte anhand von seitlichen Röntgenaufnahmen. Bei Verdacht auf eine Instabilität wurden zusätzlich Funktionsaufnahmen durchgeführt.

2.4.1 Durchbauung

Anhand von seitlichen Röntgenaufnahmen der HWS wurden vier verschiedene Grade der knöchernen Durchbauung voneinander unterschieden: Im Stadium 0 sind keine Durchbauungszeichen sichtbar (Abb.6). Im Stadium I zeigt sich eine beginnende Knochenneubildung zwischen der Grund- und Deckplatte. Im Stadium II ist die Knochenneubildung zwischen der Grund- und Deckplatte fortgeschritten. Im Stadium III ist dann eine trabekuläre Struktur im Bereich der operierten Segmente als Zeichen einer vollständigen Durchbauung sichtbar (Abb.7).



Abb.6: Durchbauung: Stadium 0

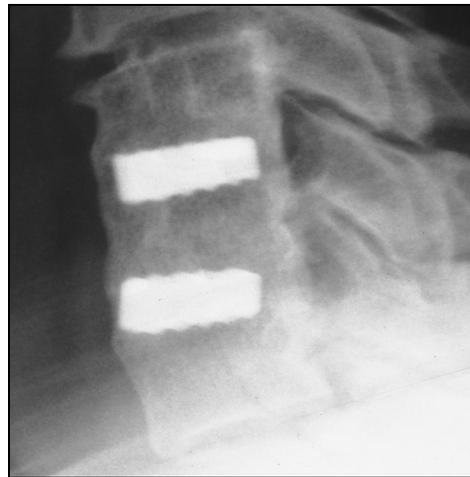


Abb.7: Durchbauung: Stadium III

2.4.2 Haltung der Halswirbelsäule

Die Haltung der Halswirbelsäule wurde anhand der seitlichen Röntgenbilder geprüft, und es erfolgte die Einteilung in eine normale Halswirbelsäulenlordose, in eine steil gestellte (Abb.8) oder eine kyphotisch verformte HWS.



Abb.8: Seitliche Röntgendarstellung: Steilstellung der HWS

2.4.3 Osteophytenbildung

Nach einem Jahr wurden Osteophyten erfasst, die sich am kranialen und/oder kaudalen Ende der Spondylodesestrecke gebildet hatten.

2.5 Operationsmethoden

In der Untersuchungsgruppe wurden die Patienten ausgewertet, die entweder eine mehrsegmentale Fusionsoperation, bei der es sich um eine modifizierte Smith-Robinson-Technik handelt, oder eine WK-Ersatzoperation erhalten hatten.

2.5.1 Mehrsegmentale Fusionsoperation

In dieser Untersuchungsgruppe erfolgte die ventrale Spondylodese der HWS in Intubationsnarkose unter Reklination des Kopfes. Nach Desinfektion und steriler Abdeckung erfolgte der Hautschnitt entweder quer in einer Hautfalte an der rechten oder linken Halsseite oder entlang des Vorderrandes des M. sternocleidomastoideus auf Höhe der betroffenen Bandscheibe(n). Das Platysma wurde subcutan frei präpariert und vor dem M. sternocleidomastoideus längsförmig gespalten. Die Arteria carotis wurde durch Palpation lokalisiert. Medial davon wurde stumpf zwischen dem Gefäß-Nerven-Bündel (lateral) und Trachea und Ösophagus (medial) bis auf die prävertebrale Faszie vorgegangen. Diese wurde gespalten, und die Muskelansätze der Mm. longi colli wurden zu beiden Seiten koaguliert und abgeschoben. Nach dem Einsetzen der Wundspreizer erfolgte die erneute Verifizierung der korrekten Höhe unter Durchleuchtung. Mit dem Cloward-Sperrer wurde der Zwischenwirbelraum aufgespreizt. Nach Einsatz des Operationsmikroskops erfolgten die Diskektomie und die knöcherne Dekompression. Die osteophytären Randzacken wurden dabei entweder mit der Fräse oder durch Stanzen abgetragen. Das gesamte hintere Längsband wurde entfernt, und die Neuroforamina wurden beidseits mit dem Diamantbohrer oder der Stanze dekomprimiert. Dann wurde die notwendige Größe des Implantates durch Ausmessen der Höhe des Zwischenwirbelraumes bestimmt. In unserem Patientengut wurden Knochenzement (PMMA), Titaninterponate und autologes Knochenmaterial verwendet.

Bei der Verwendung eines autologen Beckenkammspanes erfolgte der Hautschnitt ca. 5 cm hinter der Spina iliaca anterior superior beginnend über eine Strecke von etwa 5 cm. Dann wurde subcutan bis zur Muskelfaszie präpariert und diese scharf durchtrennt. Anschließend wurde die Faszie samt Periost vom Beckenkamm abgeschoben. Unter Schutz von zwei Hohmannhaken erfolgte das Aussägen der entsprechenden trikortikalen Beckenkammdübel. Die Blutstillung erfolgte durch Aufbringen von Knochenwachs und Einbringen eines Stückchens Marbagelan in den Beckenkammdefekt. Nach Anlage einer Drainage erfolgte der schichtweise Wundverschluss durch Faziennähte, Subkutannähte und Hautnaht. Der gewonnene Knochendübel wurde mit dem Luer von Weichteilgewebe befreit, auf die entsprechende Größe vorbereitet und unter Durchleuchtungskontrolle in den Zwischenwirbelraum eingepasst, bis er optimal saß. Da es sich bei den Operationen um mehrsegmentale Spondylodesen handelte, erfolgte das gleiche Vorgehen in den übrigen beteiligten Höhen.

Bei einer nachgewiesenen Instabilität bestand die Indikation zur zusätzlichen Plattenosteosynthese. Hierfür kam eine Titanplatte der Firma Codman® zur Anwendung (Abb.2). Sie wurde durch das Einbringen von jeweils zwei Schrauben pro WK fixiert. Die Schrauben wurden über einen Verriegelungsmechanismus zusätzlich gesichert. Die interkorporellen Knochendübel wurden hierbei nicht angeschraubt. Nach Kontrolle der Blutstillung erfolgte die Anlage einer prävertebralen Redonsaugdrainage. Die Wunde wurde schichtweise mit fortlaufender Platysmannaht, Subkutannähten und meist intrakutaner Hautnaht verschlossen.

2.5.2 Wirbelkörperersatzoperation

Die Wirbelkörperersatzoperation (Korporektomie) erfolgte ebenfalls in Intubationsnarkose und bei leicht hyperextendiertem Kopf. Der operative Zugang erfolgte von ventral und entsprach bis zum Freipräparieren der entsprechenden Wirbelkörper dem Vorgehen der Fusionsoperation. Anschließend wurden die Wirbelkörper ober- und unterhalb des zu entfernenden Wirbelkörpers von ventralen Spondylophyten befreit und so für die spätere Auflage der Platte vorbereitet. Danach wurden die dem betroffenen Wirbelkörper benachbarten Bandscheiben komplett beseitigt. Mit dem scharfen Bohrer erfolgte die sukzessive Resektion des zu entfernenden Wirbelkörpers, wobei die dorsale Corticalis mit der Diamantfräse abgetragen wurde. Das hintere Längsband wurde reseziert und, falls erforderlich, wurde die Dura von Verwachsungen und Kompressionen befreit. Dorsale Randzacken im Bereich der angrenzenden Wirbelkörper wurden ebenfalls beseitigt, die Wurzelabgänge dargestellt und beim Vorliegen einer Kompression die Neuroforamina erweitert. Nach Gewinnung eines entsprechend großen Beckenkammspanes in beschriebener Technik erfolgte das Anpassen in den vorbereiteten Korporektomiedefekt. Um eine Dislokation des trikortikalen Knochenspanes zu verhindern, wurde eine Codman®-Platte aufgebracht und mit Schrauben fixiert. Der Wundverschluss erfolgte in üblicher Weise nach Einlage einer prävertebralen Redondrainage.

2.5.3 Nachbehandlung

In Abhängigkeit vom angewandten Verfahren, der erzielten Stabilität und der Fusionsstrecke wurde unmittelbar postoperativ eine Orthese angelegt. Dieses erfolgte in der vorliegenden Studie bei der WK-Ersatzoperation, wenn mindestens zwei Wirbelkörper entfernt wurden. Auch bei nachgewiesener Instabilität erfolgte das Anlegen einer

Halskrawatte für mindestens 8 bis 12 Wochen. Die Mobilisation der Patienten erfolgte bereits am 1. postoperativen Tag, wobei extreme Bewegungen der Halswirbelsäule vermieden wurden. Ebenso sollten das Heben von schweren Gewichten und auch die Elevation der Arme über die Horizontale unterlassen bleiben. Die Entlassung der Patienten aus der stationären Behandlung erfolgte meist bei abgeschlossener Wundheilung am 7. bis 10. postoperativen Tag.

2.6 Komplikationen

Verschiedene Komplikationen wurden erfasst und unterschieden: Als allgemeine Komplikationen wurden diejenigen bezeichnet, die nicht unmittelbar durch die Operation verursacht wurden, jedoch indirekt mit der Operation oder dem stationären Aufenthalt zusammenhängen (z.B. Pneumonie). Zugangsbedingte Komplikationen umfassten unmittelbar im Operationsgebiet auftretende Probleme. Osteosynthesebedingte Komplikationen umfassten Veränderungen der eingebrachten Platte und der Schrauben (Brüche, Dislokationen oder Lockerungen). Unter interponatbedingte Komplikationen wurden Sinterungen des Interponates in den angrenzenden Wirbelkörper, Dislokationen, Frakturen und Infektionen des Interponates verstanden. Weitere Komplikationen waren Frakturen der im Operationsfeld liegenden Wirbelkörper, Instabilitäten benachbarter Höhen, Fehlhaltungen der HWS, Ausrisse der Spina iliaca anterior superior und passagere Beckenschmerzen im Entnahmegebiet des autologen Interponates. Die unmittelbare neurologische Verschlechterung wurde ebenso dazu gezählt.

2.7 Statistische Analysen

Die Daten wurden mit dem Programm Microsoft Excel aufbereitet. Am Institut für medizinische Statistik in Gießen erfolgte die Bearbeitung der Daten mit dem Datenanalyseprogramm SPSS Version 19. Zu einzelnen Ergebnissen wurde der Mittelwert, der Median, die Standardabweichung, der Minimal- und Maximalwert berechnet. Bei quantitativen Merkmalen wurde der Mittelwert berechnet, bei qualitativen Merkmalen die relative und absolute Häufigkeit. Die Unterschiede zwischen beiden Operationsverläufen bezüglich der quantitativen Merkmale (Operationsdauer, Krankenhausliegedauer) wurden mit Hilfe des t-Tests für unabhängige Stichproben beurteilt. Qualitative Merkmale (Komplikationen, Klinischer Score) wurden mit Hilfe des exakten Fisher-Tests für Kreuztabellen beurteilt. Kriterium für die Ablehnung bzw. Beurteilung der

jeweiligen getesteten Hypothesen ist die berechnete Wahrscheinlichkeit für den Fehler 1. Art „p“, die im Ergebnisteil jeweils angegeben wird.

3. Ergebnisse

3.1 Demographische Daten

3.1.1 Geschlechterverteilung

Von den 61 Patienten waren 26 weiblich (42,6%) und 35 männlich (57,4%). In der Fusions-gruppe waren 22 weibliche (57,9%) und 16 männliche Personen (42,1%), und die WK-Ersatzgruppe bestand aus vier weiblichen (17,4%) und 19 männlichen (82,6%) Patienten.

3.1.2 Alter

Die folgende Tabelle zeigt das Alter der Patienten zum Zeitpunkt der Operation.

	Alle Patienten (n=61)	Fusionspatienten (n=38)	WK-Ersatzpatienten (n=23)
Durchschnittsalter	55,5	54,4	57,2
Standardabweichung	± 9,6	± 10,3	± 8,5
Median	57,0	55,5	57,0
niedrigstes Alter	34,4	34,4	42,5
höchstes Alter	78,6	75,3	78,6

Tab.3: Alter der Patienten in Jahren

Das durchschnittliche Alter aller Patienten betrug zum Zeitpunkt der Operation 55,5 Jahre. In der Fusionsgruppe lag das durchschnittliche Alter bei 54,4 Jahren und in der WK-Ersatz-gruppe bei 57,2 Jahren (Tab.3).

3.1.3 Altersverteilung

Die Patienten wurden in fünf verschiedene Alterskategorien eingeteilt (Tab.4).

Alterskategorien	Alle Patienten (n=61)		Fusionspatienten (n=38)		WK-Ersatzpatienten (n=23)	
	N	%	n	%	n	%
≤ 40	3	4,9	3	7,9	0	0
41-50	14	22,9	8	21,1	6	26,1
51-60	28	45,9	19	50,0	9	39,1
61-70	14	22,9	6	15,8	8	34,8
>70	2	3,3	2	5,3	0	0

Tab.4: Altersverteilung in Jahren

Zum Zeitpunkt der Operation waren 28 Patienten (45,9%) zwischen 51-60 Jahre alt. Das waren 19 Fusions- (50,0%) und neun WK-Ersatzpatienten (39,1%). Zwischen 61-70 Jahre alt waren 14 Personen (26,2%). Das entsprach sechs Fusionspatienten (15,8%) und acht WK-Ersatzpatienten (34,8%). Zwischen 41-50 Jahre waren 14 Patienten (19,7%). Das betraf acht Fusions- (21,1%) und sechs WK-Ersatzpatienten (26,1%). Jünger als 40 Jahre waren drei Patienten (4,9%), die alle aus der Fusionsgruppe kamen. Zwei WK-Ersatzpatienten (3,3%) waren älter als 70 Jahre.

3.1.4 Nebenerkrankungen

Begleitende Stoffwechselerkrankungen bestanden bei elf Patienten mit einer Adipositas, drei Patienten wurden wegen Osteoporose behandelt und zwei Patienten hatten einen Diabetes mellitus. Ein Patient gab an, täglich Alkohol zu konsumieren, drei Patienten litten unter Depressionen, ein Patient gab als Systemerkrankung eine Polyarthritits an und drei Patienten hatten eine Polyneuropathie. Sechs Patienten hatten einen Bandscheibenvorfall in der Lendenwirbelsäule, von denen fünf eine Operation benötigten. Drei Patienten hatten in der Vorgeschichte ein Beschleunigungstrauma der HWS erlitten und ein Patient ein Schädel-Hirn-Trauma.

3.2 Intraoperative Diagnosen und klinische Symptomatik

3.2.1 Intraoperative Diagnosen

Die Tabelle 5 zeigt die Diagnose der intraoperativ vorgefundenen Degenerationen.

Diagnosen	Alle Patienten (n=61)		Fusionspatienten (n=38)		WK-Ersatzpatienten (n=23)	
	N	%	n	%	n	%
Osteophyten	27	44,3	14	36,8	13	56,5
Osteophyten & BSV	23	37,7	18	47,4	5	21,7
Osteophyten & Instabilität	5	8,2	1	2,6	4	17,4
Bandscheiben- vorfälle	3	4,9	2	5,3	1	4,3
Osteophyten, BSV & Instabilität	2	3,3	2	5,3	0	0
Instabilität	1	1,6	1	2,6	0	0

Tab.5: Diagnosen

Die meisten Patienten (44,3%) waren von dorsalen Osteophyten betroffen. Es folgten Patienten (37,7%) mit Osteophytenbildungen und Bandscheibenvorfällen. Als dritthäufigstes zeigten die Patienten (8,2%) Osteophyten und gleichzeitig eine Instabilität der HWS auf.

In der Fusionsgruppe wies der größte Anteil an Patienten (47,4%) Osteophyten und Bandscheibenvorfälle auf. Es folgten Patienten mit Osteophytenbildungen. In der WK-Ersatzgruppe überwog der Anteil an Patienten (56,5%) mit Osteophytenbildungen, dann kamen Patienten (21,7%) mit Osteophyten und Bandscheibenvorfällen.

3.2.2 Symptome

Bei der Anamnese und körperlichen Untersuchung wurden folgende Symptome erfasst, bei denen Mehrfachnennungen möglich waren:

Symptome	Alle Patienten (n=61)		Fusionspatienten (n=38)		WK- Ersatzpatienten (n=23)	
	n	%	n	%	n	%
Sensibilitätsstörungen der OE	52	85,2	32	84,2	20	87,0
Zervikalgien	49	80,3	33	86,8	16	69,6
Brachialgien	47	77,1	33	86,8	14	60,9
Paresen der OE	41	67,2	27	71,1	14	60,9
Gangstörungen	35	57,4	21	55,3	14	60,9
Zervikale Bewegungsstörungen	29	47,5	19	50,0	10	43,5
Sensibilitätsstörungen der UE	16	26,2	10	26,3	6	26,1
Paresen der UE	9	14,8	4	10,5	5	21,7

Tab.6: Klinische Symptome

Das häufigste Symptom waren Sensibilitätsstörungen der oberen Extremitäten bei 52 Patienten (85,2%), gefolgt von Zervikalgien bei 49 Patienten (80,3%) und Brachialgien bei 47 Patienten (77,1%). In der Gruppe der Fusionspatienten waren die beiden häufigsten Symptome Zervikalgien und Brachialgien (86,8%). Es folgten Patienten mit Sensibilitätsstörungen der Oberen Extremitäten (84,2%). Bei den WK-Ersatzpatienten waren die meisten Patienten von Sensibilitätsstörungen der Oberen Extremitäten betroffen (87,0%). Es folgten Patienten mit Zervikalgien (69,6%), dann kamen Patienten mit Brachialgien (60,9%) und Paresen der OE bei 27 Patienten (60,9%).

Es wurden ebenfalls Reflexdifferenzen der Muskeleigenreflexe, pathologische Reflexe (Babinski) und Muskelatrophien erfasst. Mehrfachnennungen waren möglich (Tab.7).

	Alle Patienten (n=61)		Fusionspatienten (n=38)		WK-Ersatzpatienten (n=23)	
	n	%	N	%	n	%
Reflexdifferenzen	39	63,9	23	60,5	16	69,6
Babinskizeichen	7	11,5	2	5,3	5	21,7
Muskelatrophien	5	8,2	3	7,8	2	8,7

Tab.7: Zusätzliche Befunde

Am häufigsten bestanden Reflexdifferenzen bei 39 Patienten (63,9%). Das waren 23 Fusionspatienten (60,5%) und 16 WK-Ersatzpatienten (69,6%). In sieben Fällen (11,5%) bestand ein positives Babinskizeichen und fünfmal (8,2%) waren Muskelatrophien nachweisbar. Reflexdifferenzen lagen in beiden Gruppen am häufigsten vor. Ein positives Babinskizeichen lag bei 21,7% der WK-Ersatzpatienten und bei 5,3% der Fusionspatienten vor.

3.2.3 Syndrome

Die Abbildung 9 zeigt das Vorkommen des radikulären, zervikalen, und myelopathischen Syndroms. Es waren Mehrfachnennungen möglich.

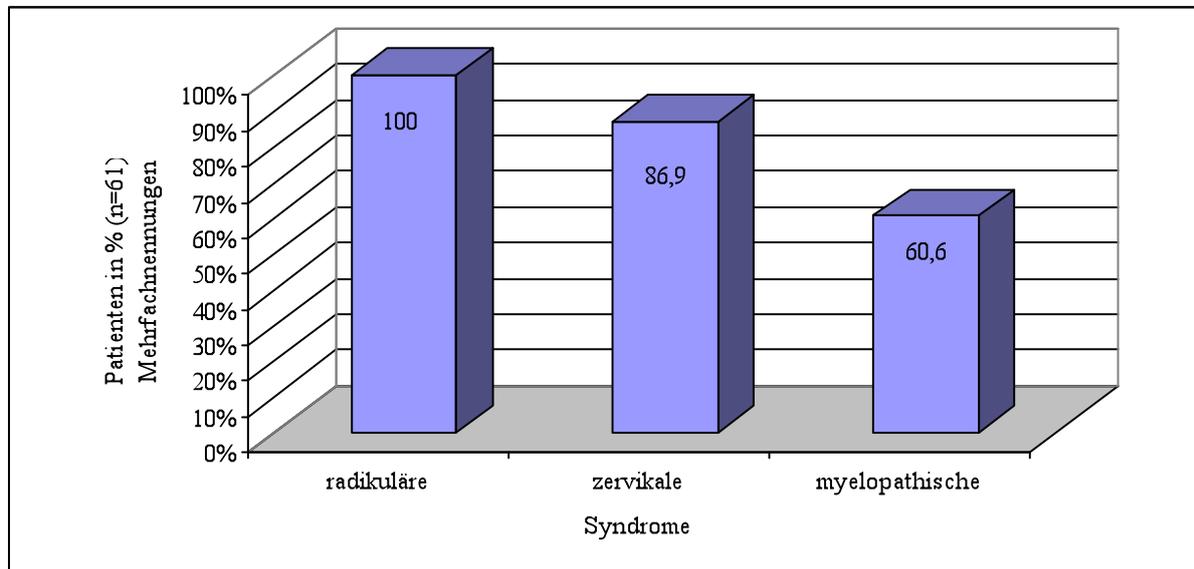


Abb.9: Klinische Syndrome

Alle 61 Patienten (100%) waren von einem radikulären Syndrom betroffen. 53 Patienten (86,9%) wiesen ein lokales zervikales Syndrom auf. Bei 37 Patienten (60,6%) bestand ein myelopathisches Syndrom (Abb.9).

3.2.4 Syndromkomplexe

Die folgende Abbildung 10 zeigt das gleichzeitige Vorhandensein mehrerer Syndrome.

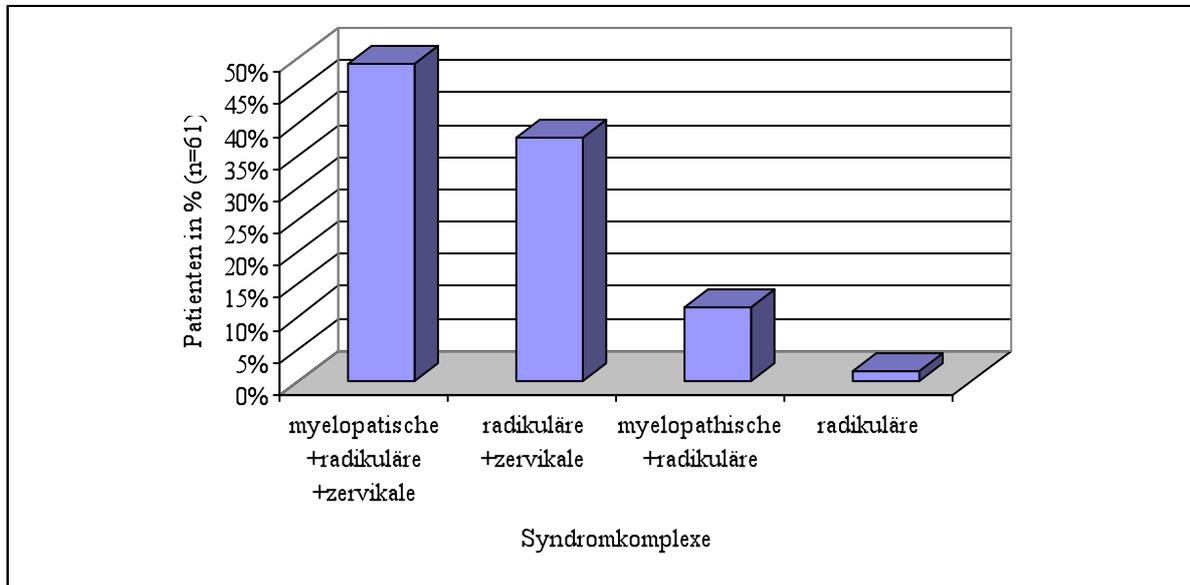


Abb.10: Syndromkomplexe

Der häufigste Syndromkomplex trat bei 30 Patienten (49,2%) auf und bestand aus der Kombination eines myelopathischen, radikulären und zervikalen Syndroms. Bei 23 Patienten (37,7%) fand sich ein radikuläres Syndrom in Verbindung mit einem zervikalen Syndrom. Sieben Patienten (11,5%) wiesen ein myelopathisches Syndrom mit begleitendem radikulären Syndrom auf. Ein Patient (1,6%) wies ausschließlich ein radikuläres Syndrom auf (Abb.10).

3.3 Operative und perioperative Daten

3.3.1 Anzahl und Höhe der operierten Segmente

Die Anzahl der operierten Segmente bei der Fusionsoperation zeigt Abbildung 11.

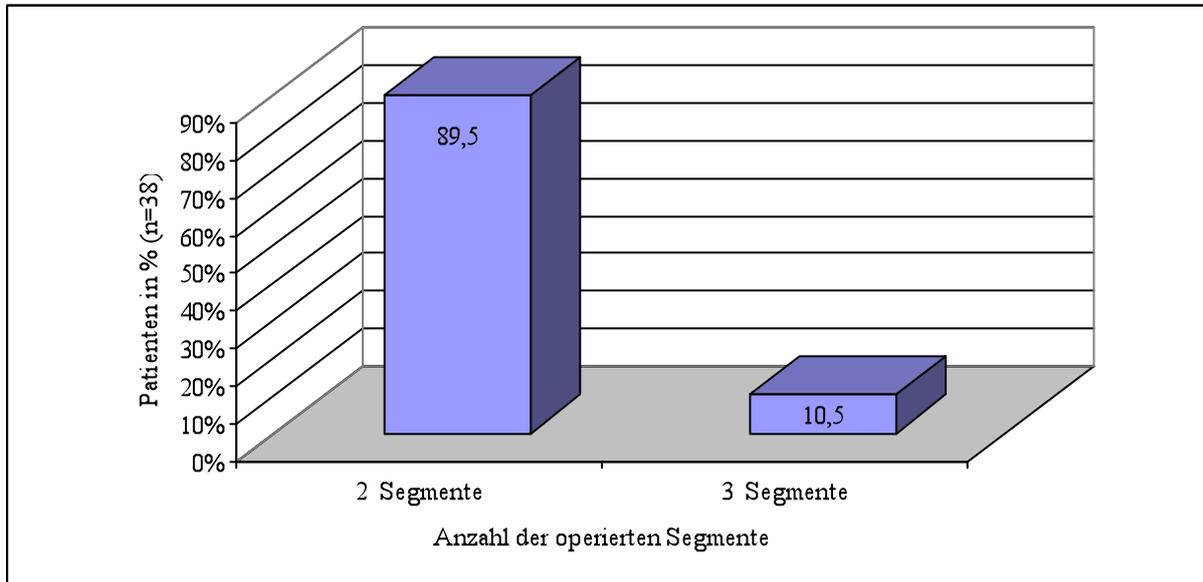


Abb.11: Anzahl der operierten Segmente

Mit der Fusionsoperation wurden insgesamt 80 Segmente operiert. Diese Segmente verteilten sich auf 34 Patienten (89,5%), die an zwei Segmenten operiert wurden und auf vier Patienten (10,5%), bei denen drei Segmente fusioniert worden waren.

Es wurden 24-mal (63,2%) die Segmente HWK 5/6 und HWK 6/7 fusioniert, achtmal (21,1%) war an den Segmenten HWK 4/5 und HWK 6/7 operiert worden. In zwei Fällen (5,3%) waren die Segmente HWK 6/7 und HWK 7/BWK1 versteift worden. In zwei Fällen (5,3%) wurden die Höhen HWK 3/4, HWK 4/5, HWK 5/6 operiert und zweimal erfolgte eine Fusion von HWK 5/6, HWK 6/7, HWK 7/BWK1.

Das Segment HWK 5/6 wurde mit 36-mal (45%) am häufigsten operiert. Am zweithäufigsten wurde das Segment HWK 6/7 operiert, in 27 Fällen (33,8%).

3.3.2 Anzahl und Höhe der entfernten Wirbelkörper

Eine Übersicht über die entfernten WK bei der WK-Ersatzoperation gibt Abbildung 12.

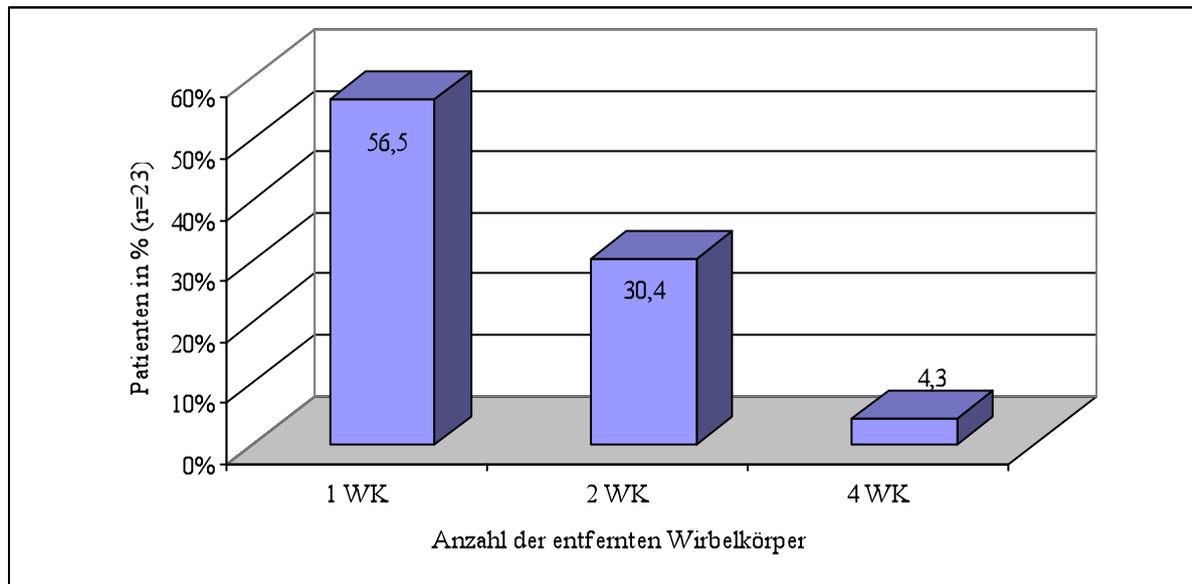


Abb.12 Anzahl der entfernten Wirbelkörper

Mit der WK-Ersatzoperation wurden insgesamt 33 Wirbelkörper ersetzt. Diese Wirbelkörper verteilten sich auf 15 Patienten (65,2%), denen jeweils ein Wirbelkörper entfernt wurde, auf sieben Patienten (30,4%), denen zwei und auf einen Patienten (4,3%), dem vier Wirbelkörper reseziert worden waren (Abb.12).

Bei den 15 Patienten (65,2%), denen jeweils ein Halswirbelkörper entfernt worden war erfolgte in sechs Fällen (26,1%) eine Operation des sechsten HWK's. In fünf Fällen (21,7%) wurde der fünfte HWK reseziert. Viermal (17,4%) wurde der vierte HWK entfernt. Es wurden sieben Patienten (30,4%) zwei Halswirbelkörper entfernt. Dabei wurden fünfmal (21,7%) der vierte und der fünfte HWK reseziert. Jeweils einmal (4,3%) wurden der dritte und der vierte HWK sowie der fünfte und der sechste HWK reseziert. Einem Patienten (4,3%) wurde der vierte, fünfte, sechste und siebte HWK entfernt.

Am häufigsten wurde bei der WK-Ersatzoperation der fünfte HWK bei 11 Patienten (47,8%) operiert und am zweithäufigsten der vierte HWK bei 10 Patienten (43,5%).

3.3.3 Dauer der Operationen

Im Folgenden wird die Operationsdauer der Fusionsoperation mit der WK-Ersatzoperation verglichen. Eine Fusion von zwei Segmenten ist bezüglich der Operationsstrecke mit einem WK-Ersatz von einem Wirbelkörper vergleichbar (Tab.8).

	2 Segmente (n=34)	1 WK (n=15)
Durchschnittsdauer	157,3	187,9
Standardabweichung	44,0	39,0
Median	151,5	182,0
Kürzeste Dauer	89,0	130,0
Längste Dauer	315,0	263,0

Tab.8: Operationsdauer von zwei Segmenten und einem WK in Minuten

Die durchschnittliche Operationszeit der 34 Fusionspatienten, denen zwei Segmente operiert wurden, lag bei 164,5 Minuten und war damit 30,6 Minuten kürzer als bei den 15 WK-Ersatzpatienten, denen ein Wirbelkörper entfernt worden war. Die durchschnittliche Operationszeit betrug 187,9 Minuten. Dieser Unterschied war statistisch signifikant ($p=0,025$).

Eine Fusion von drei Segmenten ist bezüglich der Operationsstrecke mit einer WK-Ersatzoperation vergleichbar, bei der zwei Wirbelkörper entfernt werden (Tab.9).

	3 Segmente (n=4)	2 WK (n=7)
Durchschnittsdauer	225,8	222,9
Standardabweichung	54,7	71,7
Median	222	199
Kürzeste Dauer	176	185
Längste Dauer	283	356

Tab.9: Operationsdauer von drei Segmenten und zwei WK in Minuten

Die durchschnittliche Operationszeit der vier Fusionspatienten, denen drei Segmente fusioniert wurden, lag bei 225,8 Minuten. Das war annähernd so lang wie bei den sieben WK-Ersatzpatienten, denen zwei WK entfernt worden waren. Die Operationszeit hierfür betrug durchschnittlich 222,9 Minuten.

3.3.4 Dauer des Krankenhausaufenthaltes

Die Dauer des Krankenhausaufenthaltes beider Patientengruppen zeigt Tabelle 10.

	Fusions-OP (n=38)	WK-Ersatz-OP (n=23)
Durchschnittsdauer	9,6	11,3
Standardabweichung	3,2	3,2
Median	9,5	12,0
Kürzeste Dauer	3	6
Längste Dauer	16	21

Tab.10: Dauer des Krankenhausaufenthaltes in Tagen

Die durchschnittliche Krankenhausverweildauer der WK-Ersatzpatienten lag bei 11,3 Tagen und bei den Fusionspatienten bei 9,6 Tagen. Dieser Unterschied war mit $p=0,045$ statistisch signifikant.

3.3.5 Plattenosteosynthese

Die Anzahl der verwendeten Osteosyntheseplatten zeigt Abbildung 13.

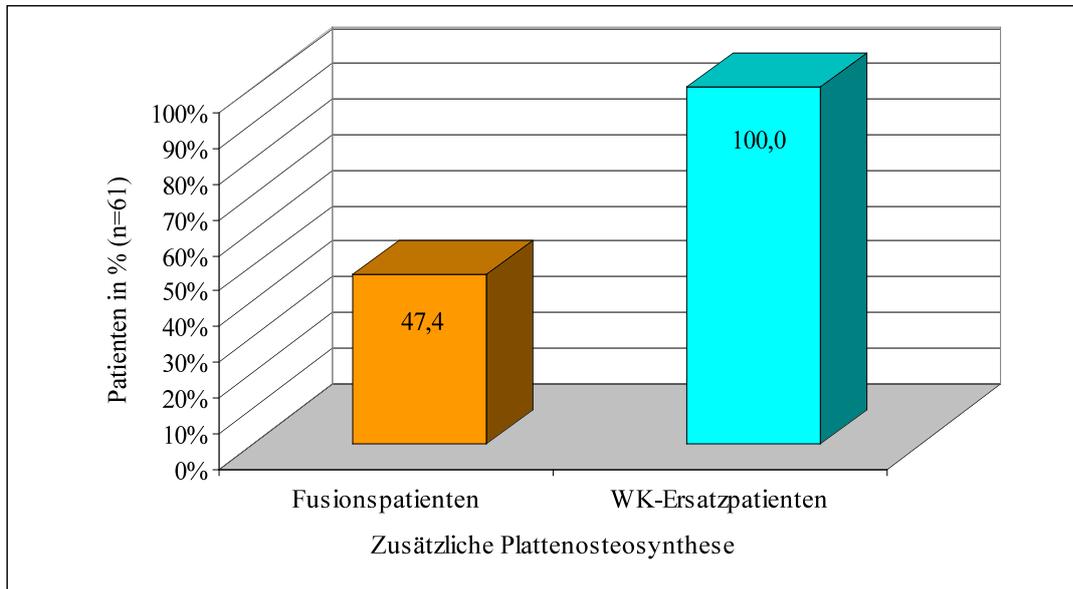


Abb. 13: Anzahl der eingesetzten Plattenosteosynthesen

Eine Osteosynthese mit einer Codman[®]-Platte erhielten insgesamt 41 Patienten (67,2%). Das waren in der Fusionsgruppe 18 Patienten (47,4%). Von denen wurden 14 Patienten (36,8%) an zwei Segmenten und vier Patienten (10,5%) an drei Höhen operiert. In der WK-Ersatzgruppe wurden alle 23 Patienten (100%) mit einer Codman[®]-Platte versorgt.

3.3.6 Verwendete Interponate

Die Abbildung 14 zeigt die verwendeten Interponate bei beiden Operationsmethoden.

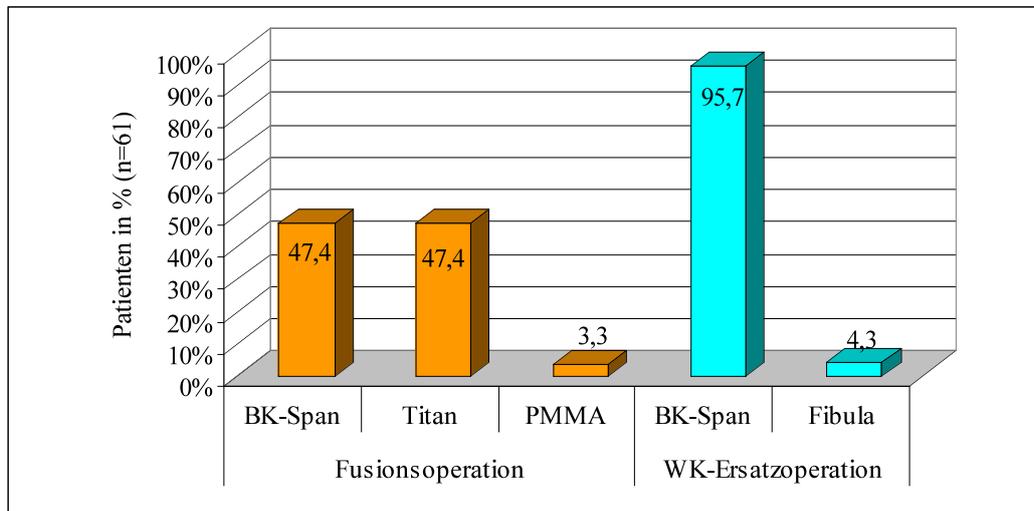


Abb.14 Verwendete Interponate bei beiden Operationsmethoden

Von den 38 Fusionspatienten wurden 18 Patienten (47,4%) mit einem Beckenkammspan interkorporell fusioniert, bei 18 Patienten (47,4%) wurde ein Titaninterponat verwendet, und bei zwei Patienten (3,3%) wurde ein PMMA-Interponat eingesetzt.

Bei den WK-Ersatzpatienten waren es 22 Patienten (95,7%) denen ein Beckenkammspan als Interponat eingebaut wurde. Bei einem WK-Ersatzpatienten (4,3%) wurden vier Halswirbelkörper entfernt und durch ein Fibula-Interponat ersetzt (Abb.14).

3.3.7 Orthesen

Von den 38 Fusionspatienten trugen sechs Patienten (15,8%) vorübergehend eine steife Halskrawatte. Ein Patient (2,6%) hatte eine Kinn-Thorax-Stütze. Fünf Patienten (13,2%) trugen eine weiche Halskrawatte (Schanzkrawatte). Von den 23 WK-Ersatzpatienten mussten elf (47,8%) Patienten für einige Wochen eine Orthese tragen. Neun Patienten (39,1%) bekamen eine weiche Halskrawatte und zwei (8,7%) eine steife Halskrawatte (Philadelphiakragen).

3.4 Klinisches Outcome

3.4.1 Klinisches Outcome der Gesamtpatienten

Die folgende Abbildung 15 zeigt das klinische Outcome der Gesamtpatienten im Zeitraum der Entlassung bis zum Follow-up. Während des ersten Jahres wurden alle 61 Patienten nachuntersucht. Zum letzten Follow-up erschienen noch 32 Patienten. Dabei erfolgte die Einschätzung anhand der unter 2.3.2 dargestellten Klassifizierung in vier Kategorien (sehr gut, gut, mäßig und schlecht).

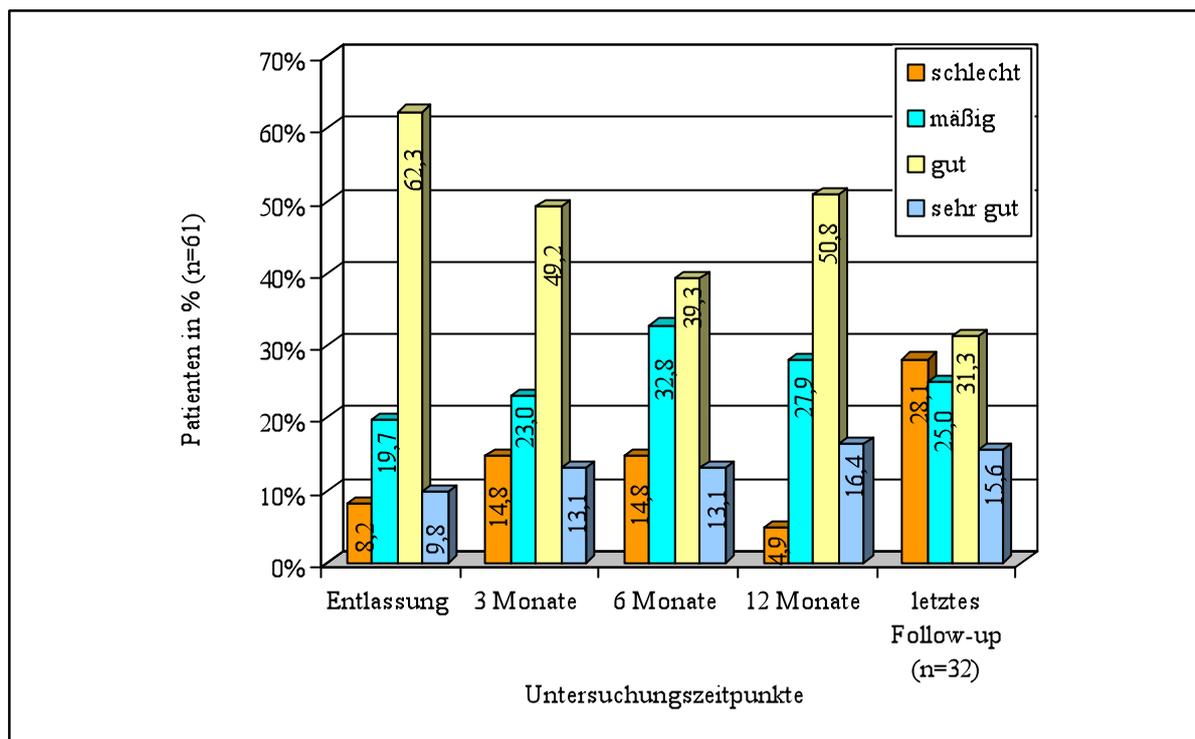


Abb.15: Klinisches Outcome der Gesamtpatienten

Während des ersten Jahres nach der Operation hatten bei allen Untersuchungen die meisten Patienten ein gutes Outcome. Der Anteil lag zwischen 24 Patienten (39,3%) und 38 Patienten (62,3%). Ein gutes oder sehr gutes Outcome hatten, vom Zeitpunkt der Entlassung bis nach einem Jahr, mindestens 32 Patienten (52,4%) und höchstens 44 Patienten (72,1%). Zum ersten Untersuchungszeitpunkt hatten fünf Patienten (8,2%) ein schlechtes Outcome. Dieser Anteil stieg nach drei und sechs Monaten auf neun Patienten (14,8%). Nach einem Jahr hatten jedoch nur noch drei Patienten (4,9%) ein schlechtes Outcome. Zum letzten Follow-up (n=32) wiesen 15 Patienten (46,9%) ein gutes Outcome oder sehr gutes Outcome auf. Ein schlechtes Resultat hatten neun Patienten (28,1%). Dieser Anteil war 23,2% höher als bei der 1-Jahres-untersuchung (Abb.15).

3.4.2 Klinisches Outcome beider Patientengruppen im Vergleich

Die nachfolgenden vier Abbildungen vergleichen das klinische Outcome der Fusionspatienten mit dem klinischen Outcome der WK-Ersatzpatienten vom Tag der Entlassung bis zum letzten Follow-up.

Klinisches Outcome beider Patientengruppen bei der Entlassung:

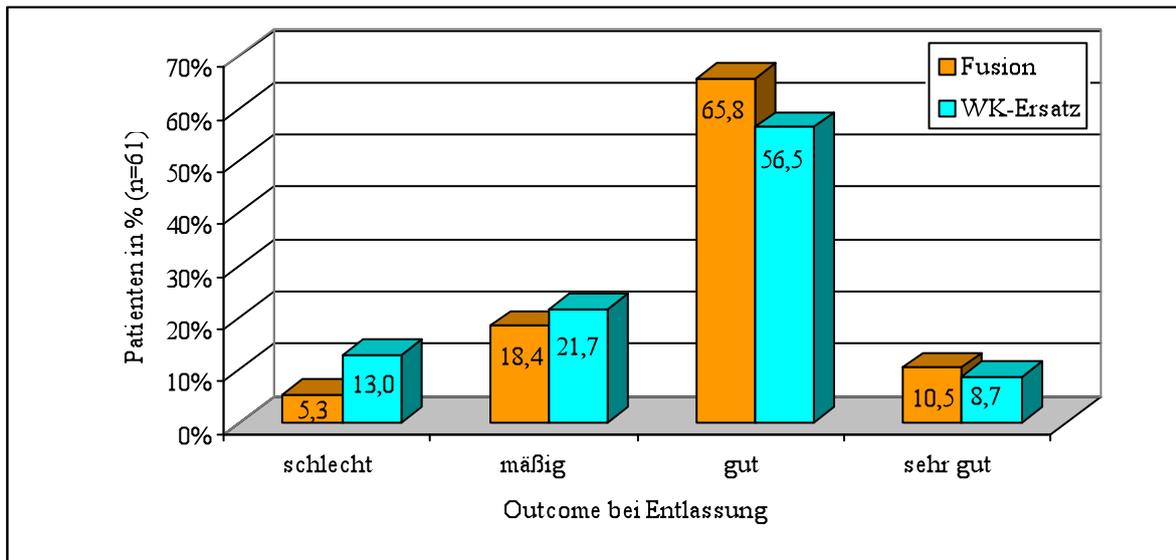


Abb.16: Klinisches Outcome beider Patientengruppen bei der Entlassung

Zum Zeitpunkt der Entlassung hatten die meisten Patienten beider Untersuchungsgruppen ein gutes Outcome. Es waren 25 Fusionspatienten (65,8%) und 13 WK-Ersatzpatienten (56,5%). Am zweithäufigsten waren in beiden Gruppen Patienten mit einem mäßigen Ergebnis. Das waren sieben Fusionspatienten (18,4%) und fünf WK-Ersatzpatienten (21,7%). Ein sehr gutes Outcome hatten zehn Fusionspatienten (10,5%) im Vergleich zu zwei WK-Ersatzpatienten (8,7%). Ein schlechtes Outcome hatten zwei Fusionspatienten (5,3%) gegenüber drei WK-Ersatzpatienten (13,0%) (Abb.16).

Klinisches Outcome beider Patientengruppen nach 3 Monaten:

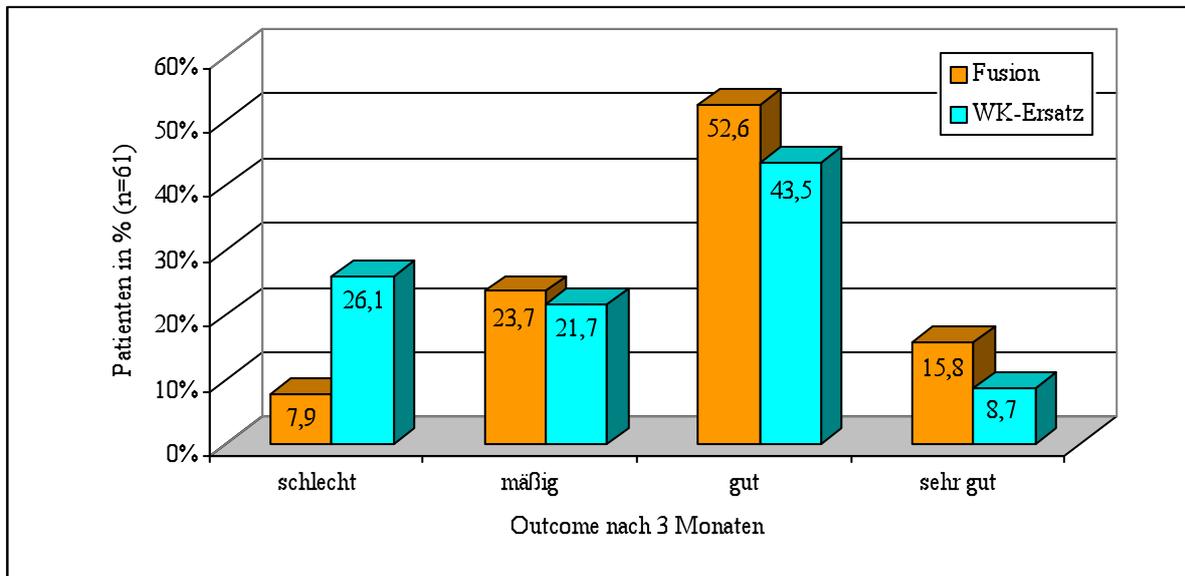


Abb.17: Klinisches Outcome beider Patientengruppen nach 3 Monaten

Auch nach drei Monaten überwogen in beiden Gruppen die Patienten mit einem guten Outcome. Es waren 20 Fusionspatienten (52,6%) gegenüber 13 WK-Ersatzpatienten (43,5%). Ein mäßiges Ergebnis hatten neun Fusionspatienten (23,7%) und fünf WK-Ersatzpatienten (21,7%). Ein schlechtes Resultat hatten drei Fusionspatienten (7,9%) und sechs WK-Ersatzpatienten (26,1%). Ein sehr gutes Outcome hatten sechs Fusionspatienten (15,8%) und zwei WK-Ersatzpatienten (8,7%) (Abb.17).

Klinisches Outcome beider Patientengruppen nach 6 Monaten:

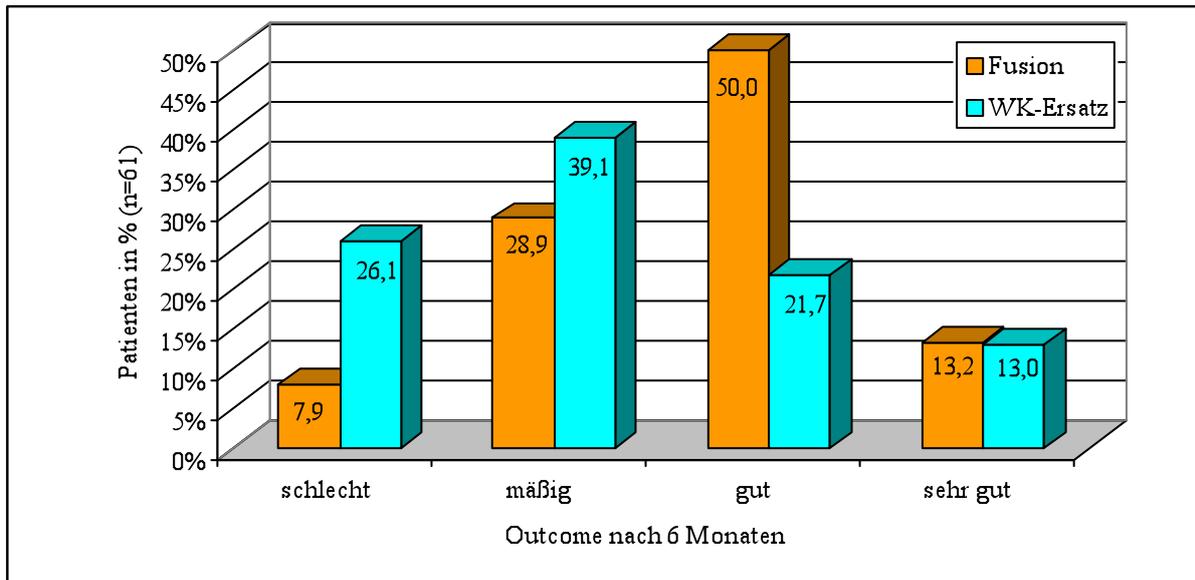


Abb.18: Klinisches Outcome beider Patientengruppen nach 6 Monaten

In der Fusionsgruppe hatten 19 Patienten (50,0%) ein gutes Outcome. In der WK-Ersatzgruppe waren es dagegen nur fünf Patienten (21,7%). Ein mäßiges Ergebnis zeigten 11 Fusionspatienten (28,9%) im Vergleich zu neun WK-Ersatzpatienten (39,1%). Ein schlechtes Resultat hatten nur drei Fusionspatienten (7,9%) gegenüber sechs WK-Ersatzpatienten (26,1%). Der Anteil der Patienten mit einem sehr guten Outcome war in beiden Gruppen annähernd gleich groß. Das waren 13,2% in der Fusionsgruppe und 13,0% in der WK-Ersatzgruppe und fünf Fusions- und drei WK-Ersatzpatienten (Abb.18).

Klinisches Outcome beider Patientengruppen nach 12 Monaten:

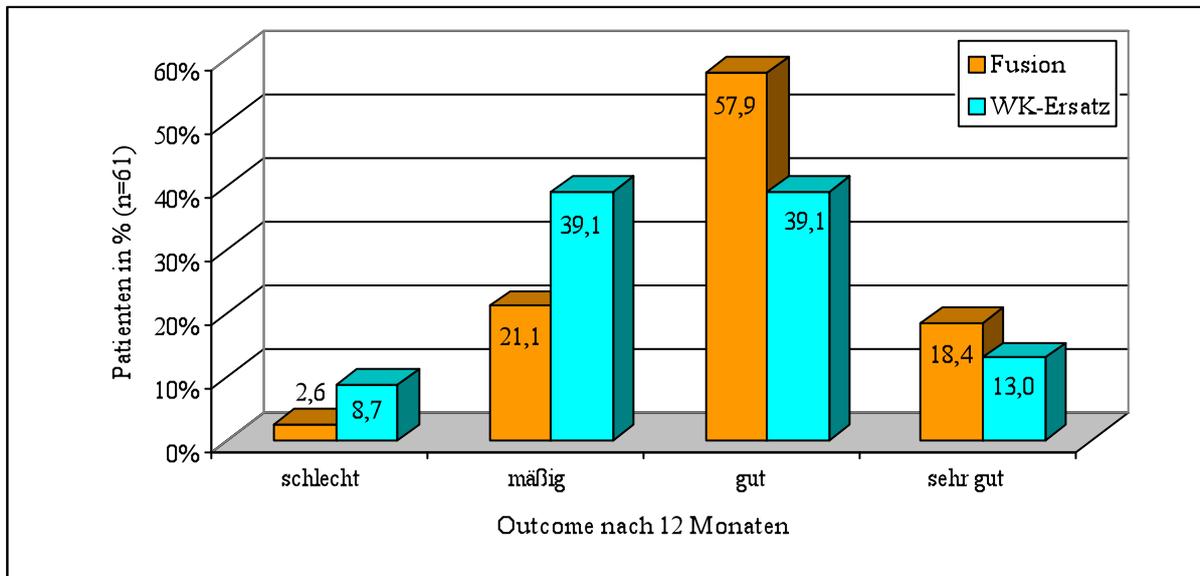


Abb.19: Klinisches Outcome beider Patientengruppen nach 12 Monaten

Nach einem Jahr hatten 22 Fusionspatienten (57,9%) im Vergleich zu neun WK-Ersatzpatienten (39,1%) ein gutes Outcome. Das waren 18,8% mehr Fusionspatienten mit gutem Resultat. Ein mäßiges Ergebnis wiesen neun Fusionspatienten (21,1%) und neun WK-Ersatzpatienten (39,1%) auf. Deren Anteil an Patienten war mit mäßigem Outcome somit 18% höher. Ein schlechtes Outcome hatte ein Fusionspatient (2,6%) gegenüber zwei WK-Ersatzpatienten (8,2%). Sieben Fusionspatienten (18,4%) hatten ein sehr gutes Ergebnis gegenüber drei WK-Ersatzpatienten (13,0%) (Abb.19).

Klinisches Outcome beider Patientengruppen beim letzten Follow-up:

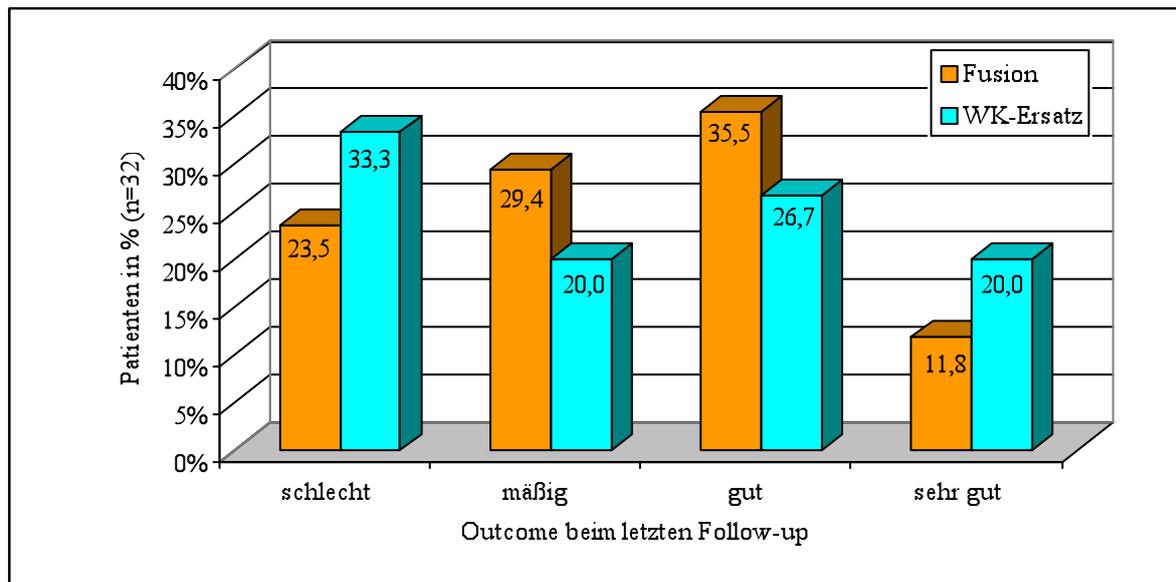


Abb.20: Klinisches Outcome beider Patientengruppen beim letzten Follow-up

Es erschienen 17 Fusionspatienten und 15 WK-Ersatzpatienten zum letzten Follow-up. In der Fusionsgruppe hatten die meisten, das waren sechs Patienten (35,5%), ein gutes Outcome im Vergleich zu vier WK-Ersatzpatienten (26,7%) mit diesem Ergebnis. In der Fusionsgruppe folgten fünf Patienten (29,4%) mit mäßigem Outcome, während es drei WK-Ersatzpatienten (20,0%) waren. Am dritthäufigsten zeigten vier Patienten (23,5%) der Fusionsgruppe ein schlechtes Resultat. Hingegen wiesen in der WK-Ersatzgruppe mit fünf WK-Ersatzpatienten (33,3%) die meisten Patienten ein schlechtes Outcome auf. Ein sehr gutes Ergebnis hatten zwei Fusionspatienten (11,8%) gegenüber drei WK-Ersatzpatienten (20,0%)

Es fällt der hohe Anteil von Patienten (28,1%) mit einem schlechten Ergebnis auf. Bei der Betrachtung der Ergebnisse ist zu berücksichtigen, dass nur noch 32 Patienten erschienen. Es besteht daher die Möglichkeit, dass es sich hierbei um eine Negativauslese handelt (Abb.20).

Gesamtbeurteilung des klinischen Outcomes beider Operationsgruppen: Als erfolgreich wurden Patienten mit einem sehr guten, guten oder mäßigen Outcome bewertet. Innerhalb des ersten Jahres hatten zu den verschiedenen Untersuchungszeitpunkten prozentual mehr Fusionspatienten als WK-Ersatzpatienten ein erfolgreiches Outcome. Das waren durchschnittlich 91,4% der Fusionspatienten und nur 82,4% der WK-Ersatzpatienten. Nach

sechs Monaten zeigten lediglich 34,7% der WK-Ersatzpatienten ein gutes oder sehr gutes Ergebnis, während 63,2% der Fusionspatienten ein solches Ergebnis aufwiesen. Umgekehrt liegen bei der Betrachtung des schlechten Outcomes die WK-Ersatzpatienten vor den Fusionspatienten: In der WK-Ersatzgruppe hatten zum Zeitpunkt der Entlassung drei Patienten (13,0%) ein schlechtes Outcome, nach drei und sechs Monaten waren es sechs Personen (26,1%) und nach zwölf Monaten zwei Patienten (8,7%). Demgegenüber waren in der Fusionsgruppe bei der Entlassung zwei Operierte (5,3%) mit einem schlechten Outcome, nach drei und sechs Monaten jeweils drei Patienten (7,9%), nach zwölf Monaten ein Patient (2,6%).

Beim Follow-up hatten 13 Fusionspatienten (76,5%) und 10 WK-Ersatzpatienten (66,5%) ein erfolgreiches Ergebnis. In beiden Gruppen sind diese Prozentraten niedriger als in den vorhergehenden Untersuchungen. Generell können die Ergebnisse beim letzten Follow-up aufgrund geringerer Fallzahlen und der Möglichkeit, dass es sich um eine Negativauslese handeln kann, nur unter Vorbehalt mit den vorherigen Untersuchungen verglichen werden. Ein statistisch signifikanter Unterschied im Outcome zwischen beiden Patientengruppen bestand zu keinem Untersuchungszeitpunkt.

3.5 Radiologisches Outcome

3.5.1 Durchbauung und Pseudarthrosebildung der Gesamtpatienten

Die folgende Abbildung zeigt den Anteil der Patienten mit einer unvollständigen und vollständigen Durchbauung der Spondylodese. Ab einem Jahr nach der Operation wurde eine unvollständige Durchbauung der Osteosynthese als Pseudarthrose gewertet. Während des ersten Jahres wurden 61 Patienten untersucht und zum letzten Follow-up noch 32 Patienten.

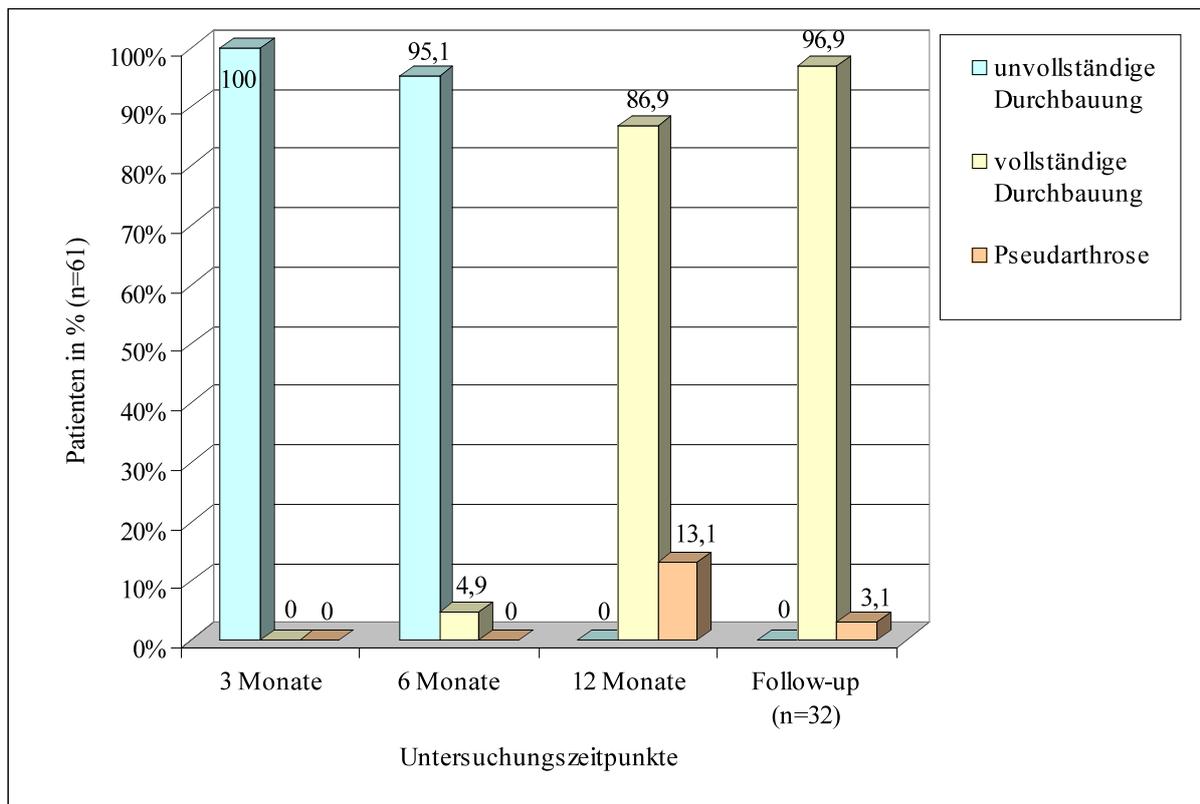


Abb.21: Durchbauung und Pseudarthrosebildung der Gesamtpatienten

Nach drei Monaten war bei allen 61 Patienten (100%) eine unvollständige Durchbauung nachzuweisen. Sechs Monate nach der Operation wiesen drei Patienten (4,9%) eine vollständige Fusion der Spondylodese auf, die übrigen 58 Patienten (95,1%) waren noch unvollständig durchbaut. Zur 1-Jahresuntersuchung hatten 53 Patienten (86,9%) eine komplette Durchbauung der Segmente erreicht. Eine unvollständige Durchbauung der HWS nach einem Jahr wurde als Pseudarthrose angesehen. Das waren sechs Patienten (9,8%), die als Therapieversager eingestuft wurden. Zum Follow-up zeigten 31 Patienten (96,9%) eine komplette Durchbauung der HWS auf und ein Patient (3,1%) hatte eine Pseudarthrosebildung.

3.5.2 Grad der Durchbauung bei beiden Patientengruppen

Die nächsten vier Abbildungen vergleichen den Grad der Durchbauung der operierten Segmente bei beiden Patientengruppen zu den verschiedenen Untersuchungszeitpunkten.

Durchbauung bei beiden Patientengruppen nach 3 Monaten:

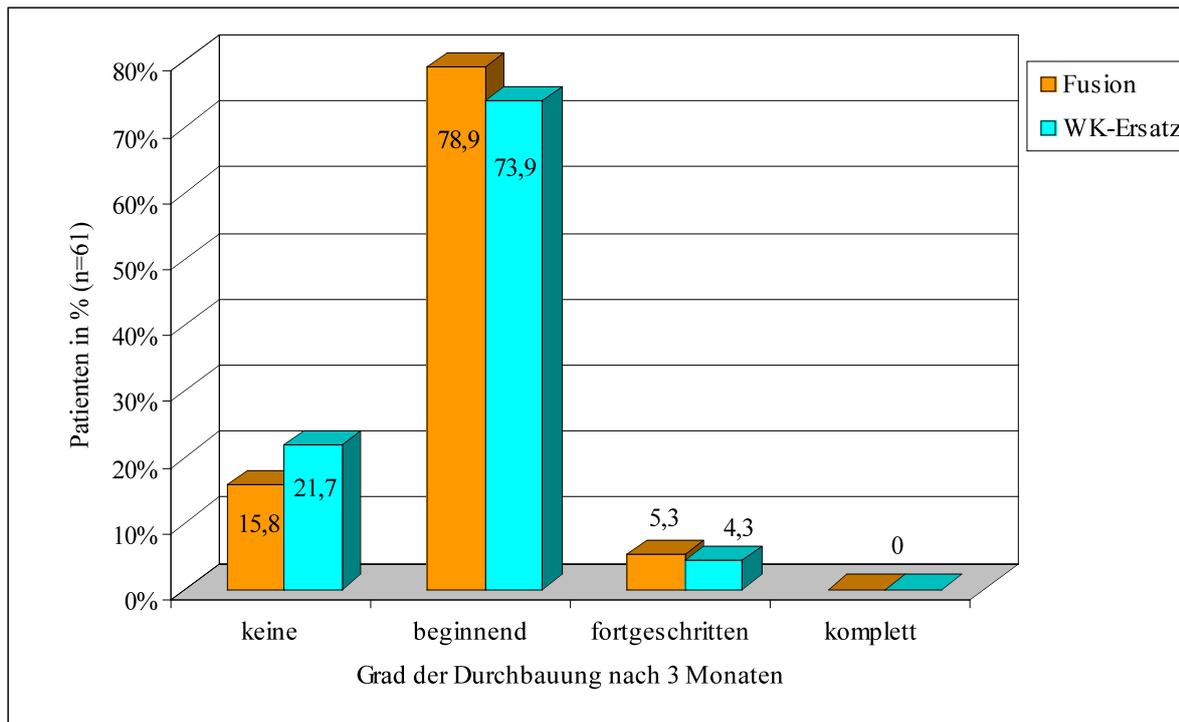


Abb.22: Durchbauung bei beiden Patientengruppen nach 3 Monaten

Nach drei Monaten zeigte die Mehrzahl der operierten Höhen in beiden Gruppen, 30 Fusions- (78,9%) und 17 WK-Ersatzpatienten (73,9%), Zeichen der beginnenden Durchbauung auf. Bei sechs Fusionspatienten (15,8%) und fünf WK-Ersatzpatienten (21,7%) fand man keine knöchernen Fusion. Bei zwei Fusions- (5,3%) und einem WK-Ersatzpatienten (4,3%) zeigte sich eine fortgeschrittene Durchbauung. Eine komplette Durchbauung war nach drei Monaten noch bei keinem Patienten nachweisbar (Abb.22).

Durchbauung bei beiden Patientengruppen nach 6 Monaten:

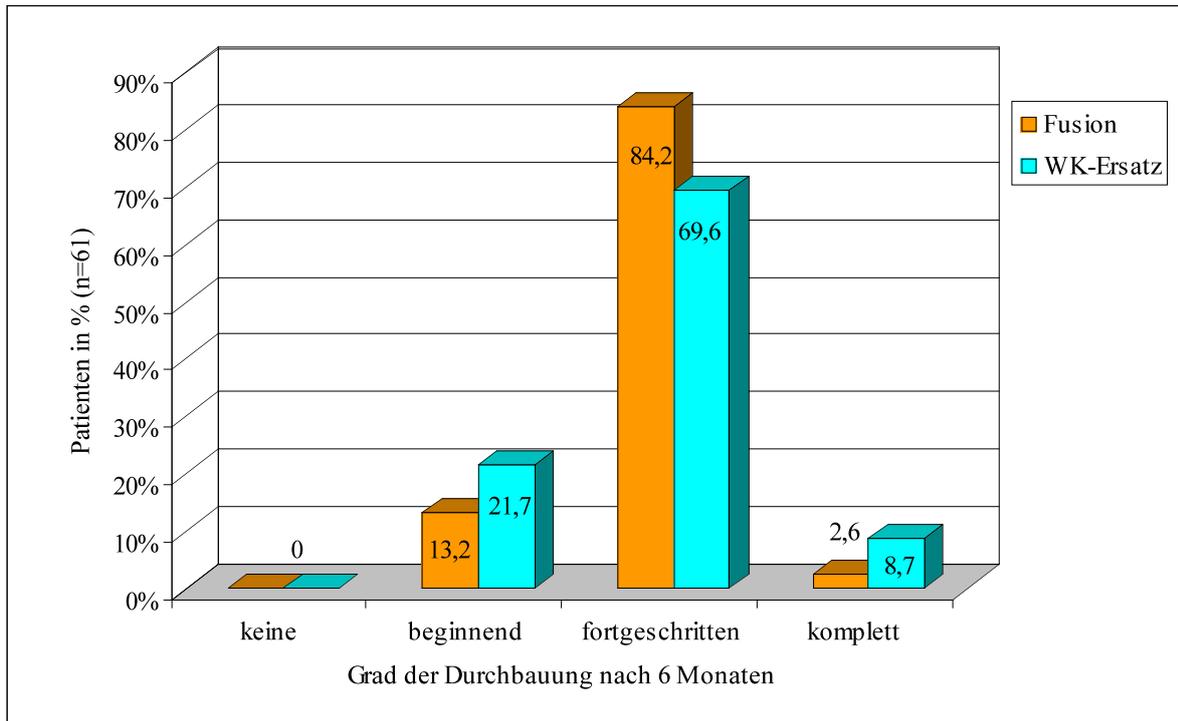


Abb.23: Durchbauung bei beiden Patientengruppen nach 6 Monaten

Nach sechs Monaten bestanden bei allen Patienten mindestens die Zeichen einer beginnenden Durchbauung der operierten HWS-Segmente. Am häufigsten zeigten die Patienten in beiden Gruppen eine fortgeschrittene Durchbauung auf. In diesem Stadium befanden sich 32 Fusionspatienten (84,2%) und 16 WK-Ersatzpatienten (69,6%). Das waren in der Fusions-gruppe 14,6% mehr Patienten. Es folgten in beiden Gruppen Patienten mit Zeichen einer beginnenden Durchbauung. Dies waren fünf Fusionspatienten (13,2%) und fünf WK-Ersatzpatienten (21,7%). Eine vollständige Durchbauung zeigte sich bei einem Fusions- (2,6%) und zwei WK-Ersatzpatienten (8,7%) (Abb.23).

Durchbauung bei beiden Patientengruppen nach 12 Monaten:

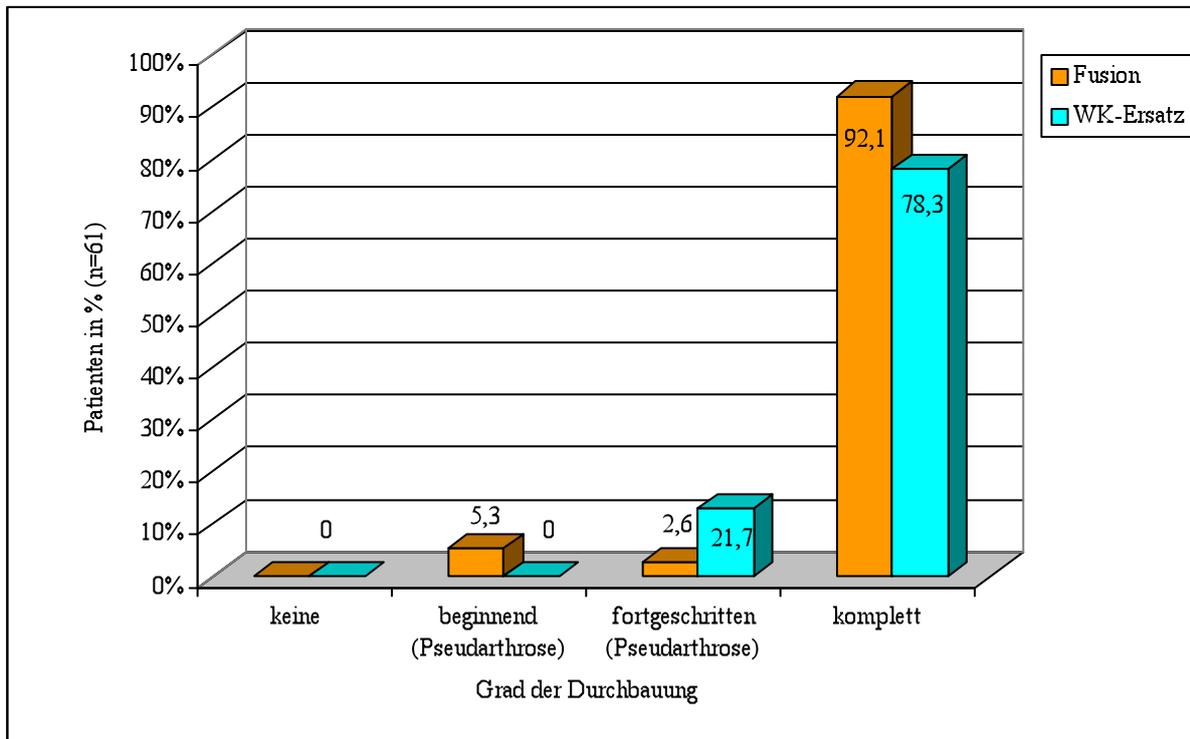


Abb.24: Durchbauung bei beiden Patientengruppen nach 12 Monaten

Die meisten Patienten beider Gruppen zeigten nach einem Jahr eine vollständige Durchbauung der Operationsstrecke. Dieses Stadium war bei 35 Fusionspatienten (92,1%) und 18 WK-Ersatzpatienten (78,3%) erreicht und somit bei 13,8% mehr Fusionspatienten nachzuweisen. Dieser Unterschied war statistisch signifikant ($p=0,03$).

Es wurden drei Fusionspatienten (7,9%) als Therapieversager eingestuft, da sie nach einem Jahr keine vollständige Durchbauung aufwiesen. Das waren zwei Patienten (5,3%) mit einer beginnenden und ein Patient (2,6%) mit einer fortgeschrittenen Durchbauung. In der WK-Ersatzgruppe waren fünf Therapieversager (21,7%). Diese Patienten hatten nach einem Jahr lediglich ein fortgeschrittenes Stadium der Durchbauung erreicht (Abb.24).

Durchbauung bei beiden Patientengruppen beim letzten Follow-up:

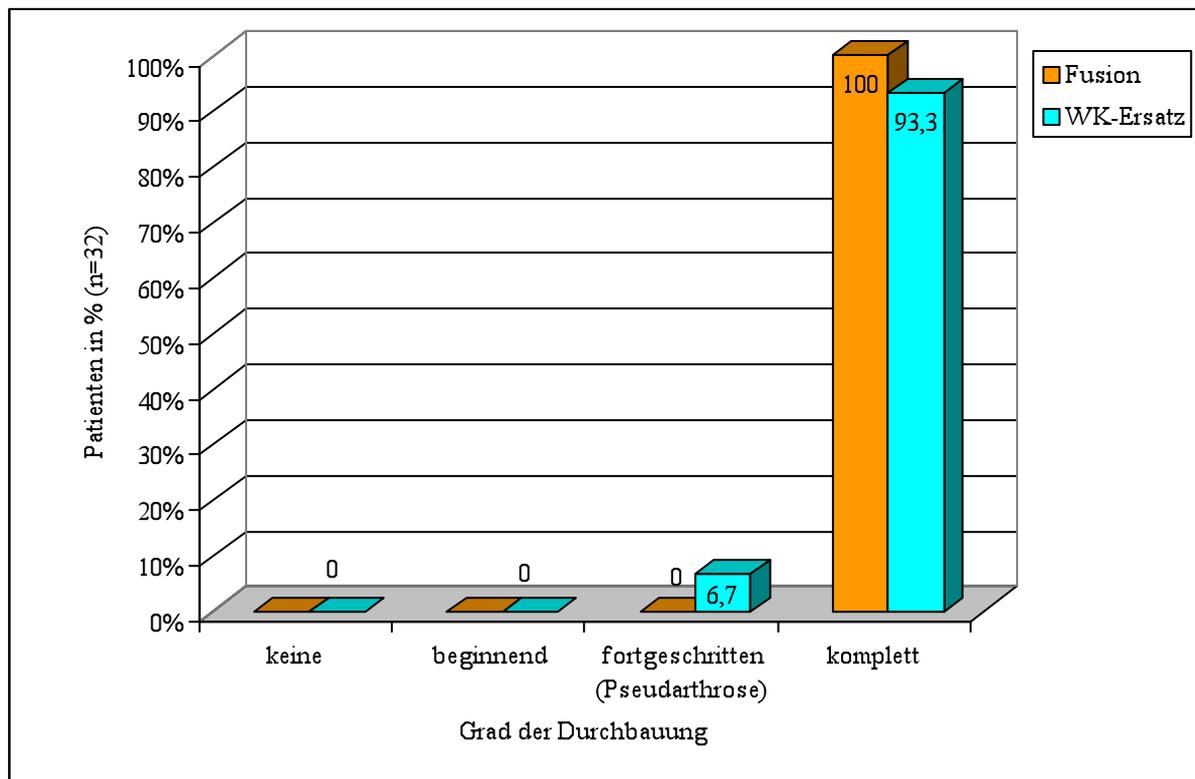


Abb.25: Durchbauung beider Patientengruppen beim letzten Follow-up

Von den beim letzten Follow-up untersuchten 32 Patienten wiesen alle 17 Fusionspatienten (100%) und 14 WK-Ersatzpatienten (93,3%) eine komplette Durchbauung der Fusionsstrecke auf. Bei einem WK-Ersatzpatienten (6,7%) war keine vollständige Durchbauung erreicht worden, sondern lediglich ein fortgeschrittenes Stadium. Dieser Patient wurde als Therapieversager bei Pseudarthrosebildung eingestuft (Abb.25)

Gesamtbeurteilung der Durchbauung bei beiden Patientengruppen: Insgesamt lässt sich bei dem Vergleich der Durchbauungsgrade erkennen, dass mit der segmentalen Fusionsmethode ein Trend zur schnelleren und vollständigeren Durchbauung zu beobachten war als mit der WK-Ersatzmethode. Beispielsweise zeigte sich nach drei Monaten eine beginnende und fortgeschrittene Durchbauung bei 84,2% der Fusionspatienten gegenüber 78,2% der WK-Ersatzpatienten. Auch nach sechs Monaten wiesen verhältnismäßig mehr Fusionspatienten eine fortgeschrittene und komplette Durchbauung auf, als die WK-Ersatzpatienten. Hier standen 86,8% Fusionspatienten gegenüber 78,3% WK-Ersatzpatienten. Auch nach einem Jahr wiesen relativ mehr

Fusionspatienten (92,1%) eine komplette Durchbauung auf als die WK-Ersatzpatienten (78,3%). Die Pseudarthrose rate der WK-Ersatzpatienten lag bei 21,7% und war damit um 13,8% höher als bei den Fusionspatienten, bei denen die Pseudarthrose rate nach einem Jahr bei 7,9% lag. Dieser Unterschied war statistisch signifikant ($p=0,03$). Beim letzten Follow-up zeigten 100% der Fusionspatienten eine komplette Durchbauung, während von den WK-Ersatzpatienten 93,3% eine komplette Durchbauung vorwiesen.

3.5.3 Haltung der Halswirbelsäule

Die Haltung der HWS jedes einzelnen Patienten wurde nach zwölf Monaten anhand des seitlichen Röntgenbildes bewertet (Abb.26).

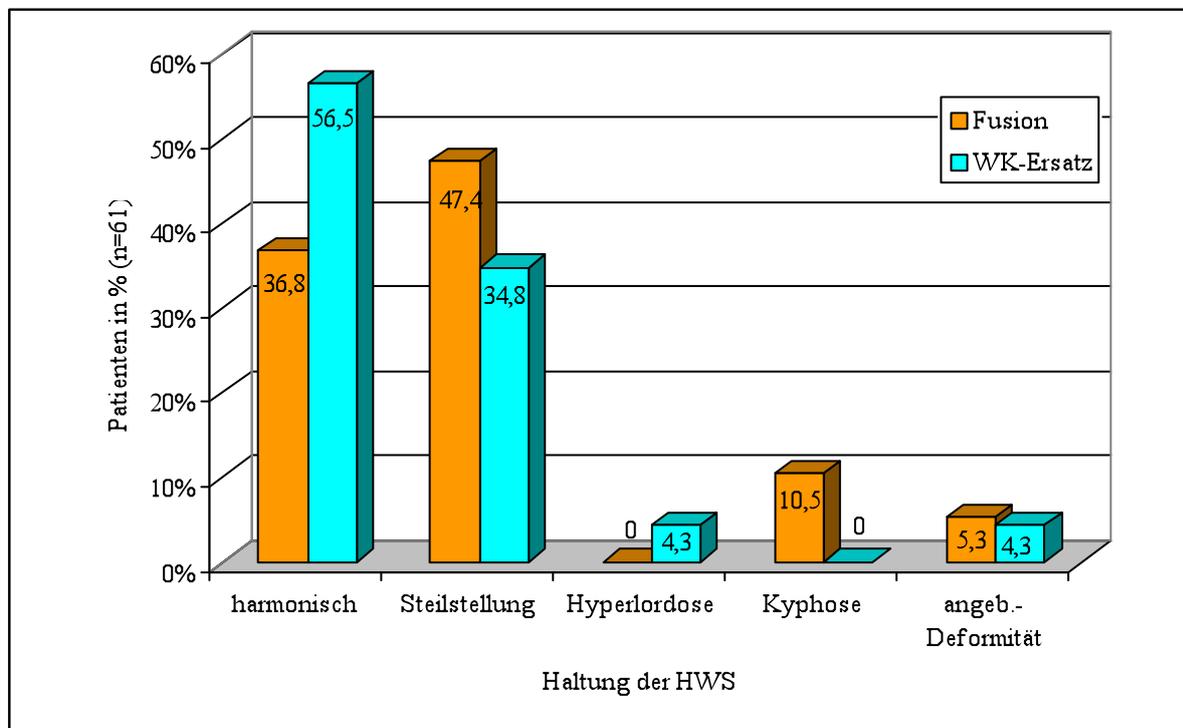


Abb.26: Haltung der HWS nach 12 Monaten

Bei den Fusionspatienten zeigten 14 Patienten (36,8%) eine harmonische HWS-Lordose, bei den WK-Ersatzpatienten waren es 13 (56,5%). Das ergab einen prozentualen Unterschied von 19,7%. Eine Steilstellung wiesen 18 Fusionspatienten (47,4%) und acht WK-Ersatzpatienten (34,9%) auf. Es bestand hinsichtlich der HWS-Haltung zwischen beiden Untersuchungsgruppen kein statistisch signifikanter Unterschied.

3.5.4 Vorkommen einer Osteophytenbildung

Die folgende Tabelle 10 zeigt die Anzahl der Patienten mit einer Osteophytenbildung am kranialen und/oder kaudalen Ende der Spondylodese nach einem Jahr.

	Fusionspatienten (n=38)		WK-Ersatzpatienten (n=23)	
	n	%	N	%
Keine Osteophyten	32	84,2	14	60,9
Osteophytenbildung	6	15,8	9	39,1

Tab.11: Osteophytenbildung

Nach einem Jahr fanden sich bei sechs Fusionspatienten (15,8%) knöcherner Anlagerungen am kranialen und/oder kaudalen Ende der Spondylodese. Bei den WK-Ersatzpatienten waren es sogar neun Personen (39,1%) mit Osteophyten. Dieser Unterschied erwies sich im t-Test ($p=0,04$) als statistisch signifikant.

3.5.5 Weitere Faktoren

Eine Beeinflussung des Grades der Durchbauung durch das Alter, das Geschlecht, die Diagnose, das Vorhandensein einer Stoffwechselerkrankung oder das Auftreten von Osteophyten konnte statistisch-mathematisch nicht festgestellt werden. Aufgrund zu geringer Fallzahlen konnte kein statistischer Zusammenhang zwischen der Anzahl der fusionierten Segmente oder der Anzahl der ersetzten Wirbelkörper und dem Grad der Durchbauung ermittelt werden.

3.6 Radiologisches und klinisches Outcome

3.6.1 Durchbauung und klinisches Outcome bei den Gesamtpatienten

Die folgenden Abbildungen zeigen den Grad der Durchbauung der Operationsstrecke und das entsprechende klinische Outcome der Gesamtpatienten (n=61) nach drei, sechs und zwölf Monaten. Zum letzten Follow-up nach durchschnittlich 32,4 Monaten wurden 32 Patienten untersucht.

Durchbauung und klinisches Outcome bei den Gesamtpatienten nach 3 Monaten:

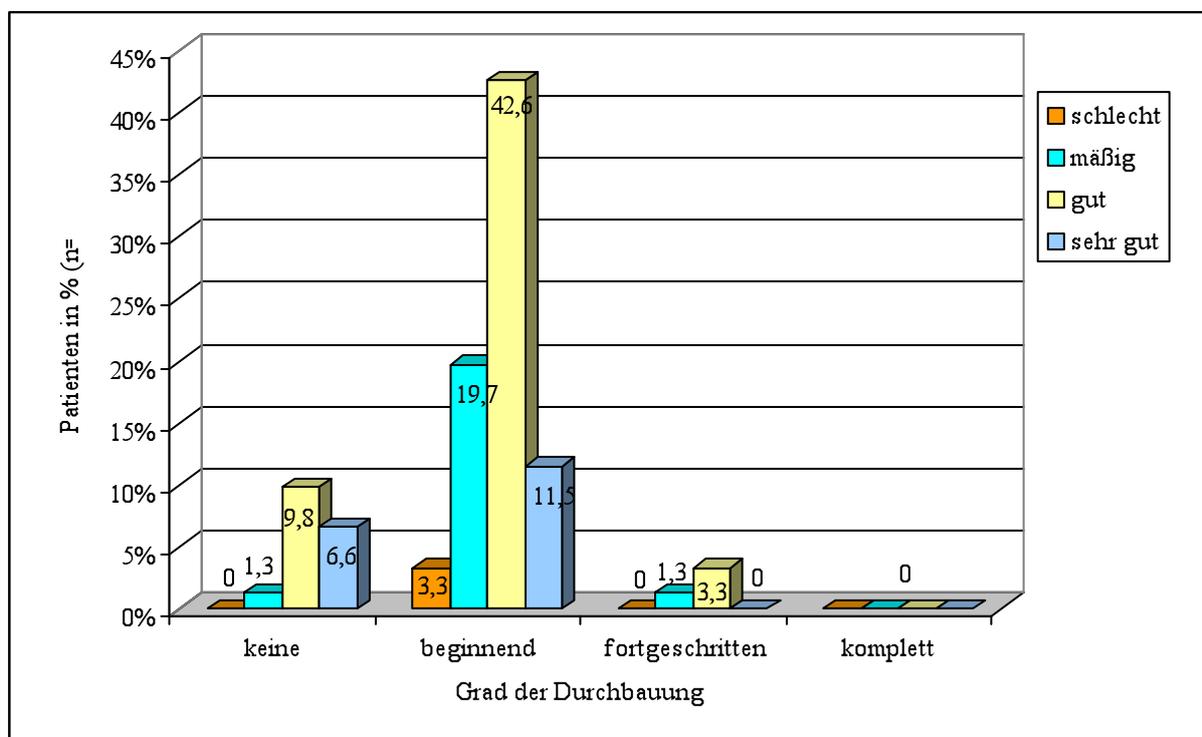


Abb.27: Durchbauung und klinisches Outcome bei den Gesamtpatienten nach 3 Monaten

Nach drei Monaten war bei 47 Patienten (77,1%) eine beginnende Durchbauung sichtbar, bei 11 Patienten (17,7%) waren keine Durchbauungszeichen festzustellen und drei Patienten (4,9%) wiesen bereits eine fortgeschrittene Durchbauung auf. In allen drei Stadien der Durchbauung überwogen Patienten mit einem guten Outcome.

Durchbauung und klinisches Outcome bei den Gesamtpatienten nach 6 Monaten:

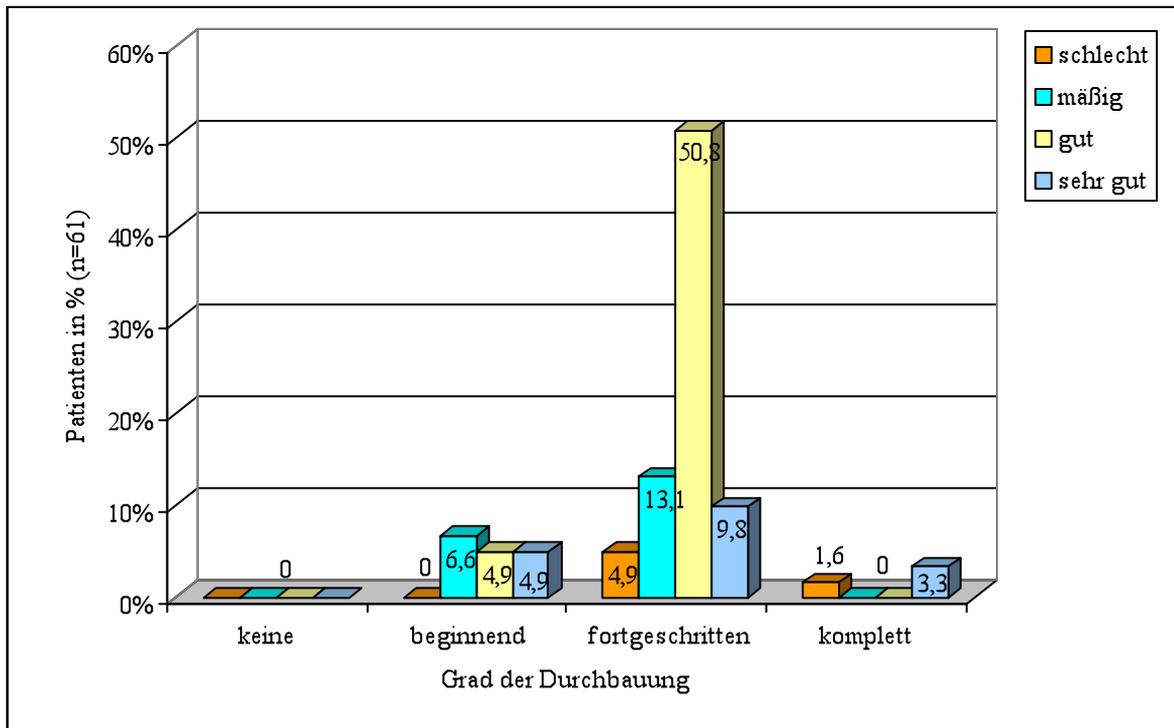


Abb.28: Durchbauung und klinisches Outcome bei den Gesamtpatienten nach 6 Monaten

Nach sechs Monaten hatten insgesamt 48 Patienten (78,7%) eine fortgeschrittene Durchbauung erreicht. Bei diesen Patienten überwog der Anteil der Patienten mit gutem Outcome (50,8%). Von den 10 Patienten (16,4%), die lediglich beginnende Durchbauungszeichen aufwiesen, hatten vier Patienten ein mäßiges Ergebnis (6,6%). Bei den drei Patienten (4,9%), bei denen sich eine vollständige Durchbauung zeigte, konnte bei zwei Patienten ein sehr gutes Ergebnis (3,3%) festgestellt werden.

Durchbauung und klinisches Outcome bei den Gesamtpatienten nach 12 Monaten:

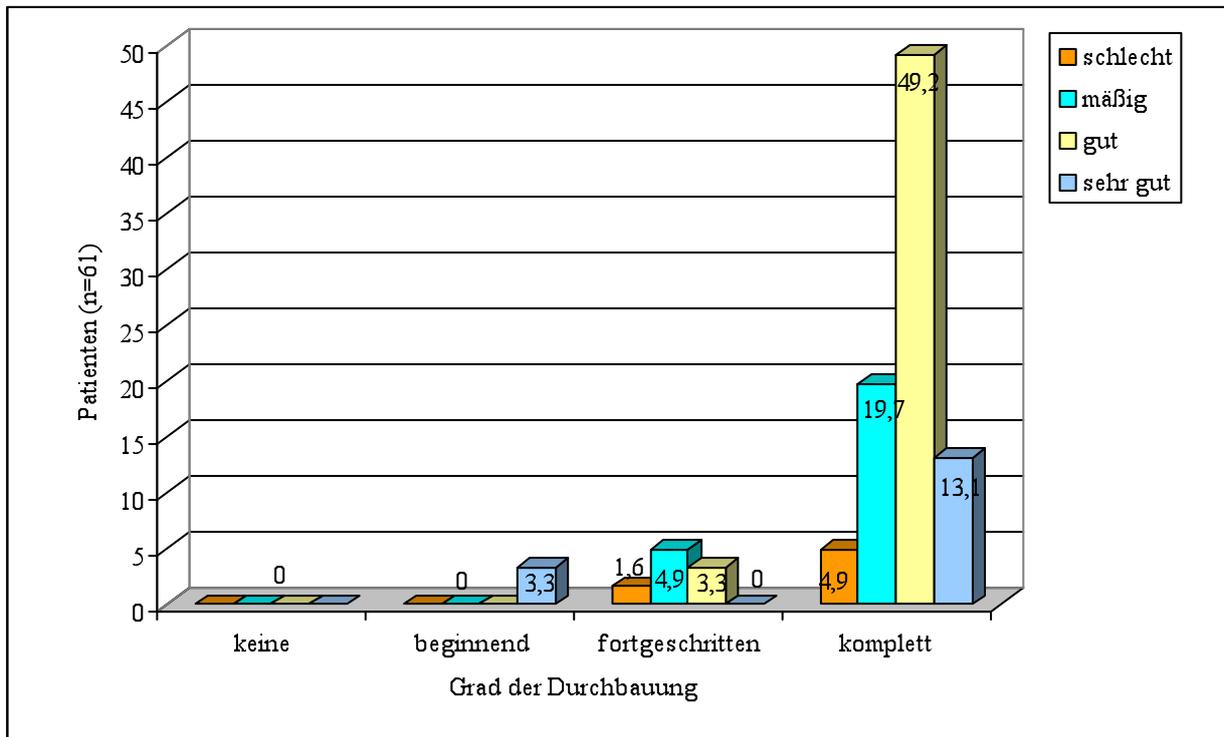


Abb.29: Durchbauung und klinisches Outcome bei den Gesamtpatienten nach 12 Monaten

Nach einem Jahr hatte der größte Anteil der Patienten, das waren 53 Patienten (86,9%), eine komplette Durchbauung erreicht. In dieser Gruppe hatten die meisten, 30 Patienten (49,2%), ein gutes Ergebnis. Es folgten fünf Patienten (9,8%) mit fortgeschrittener Durchbauung. Hierbei überwogen die drei Patienten, die ein mäßiges Outcome hatten. Der eine Patient (3,3%) mit beginnender Durchbauung zeigte ein sehr gutes Ergebnis.

Durchbauung und klinisches Outcome bei den Gesamtpatienten beim letzten Follow-up:

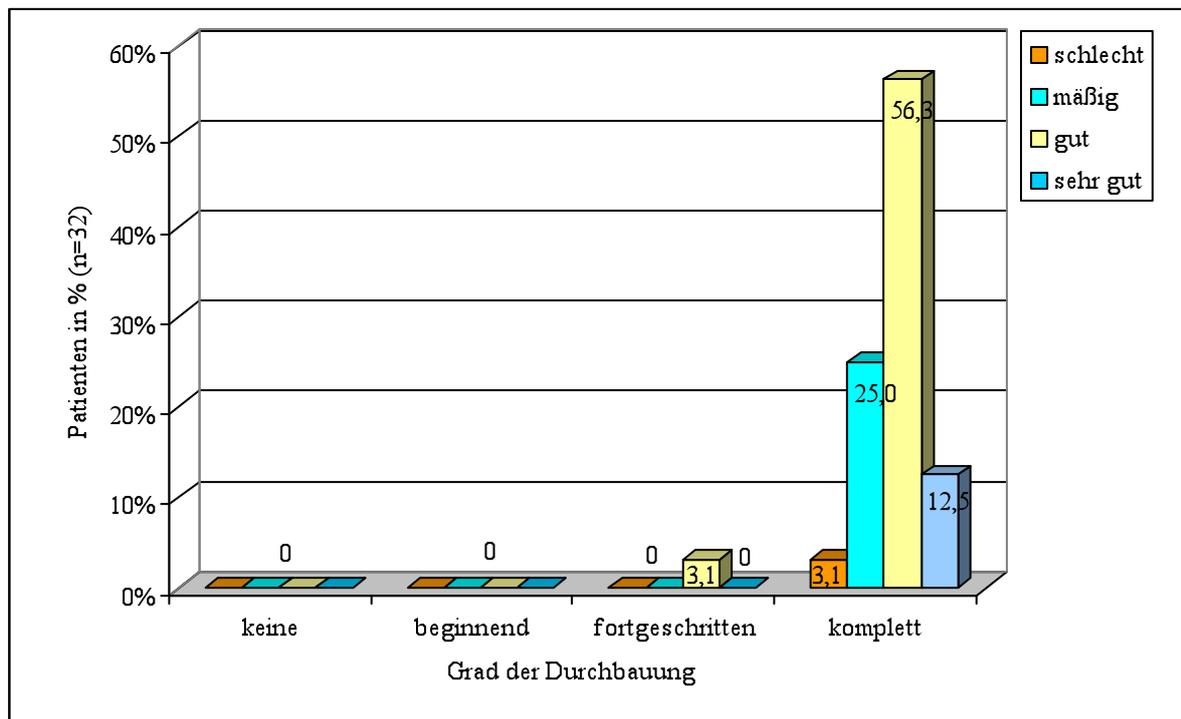


Abb.30: Durchbauung und klinisches Outcome bei den Gesamtpatienten beim letzten Follow-up

Beim letzten Follow-up wiesen bis auf einen Patienten (3,1%) alle anderen 31 Patienten (98,3%) eine komplette Durchbauung der Fusionsstrecke auf. Hiervon war der Anteil der Patienten, die ein gutes Outcome zeigten, am höchsten. Das waren 18 Patienten (56,3%). Der eine Patient (3,1%), der nach über einem Jahr keine vollständige Durchbauung zeigte, hatte eine Pseudarthrose. Er wies ein gutes Outcome auf.

Gesamtbeurteilung der Durchbauung und des klinisches Outcomes bei den Gesamtpatienten: Die Rate der Patienten mit einem erfolgreichen Outcome liegt nach drei Monaten bei 73,8%, nach sechs Monaten bei 73,7%, nach einem Jahr bei 82,0% und zum Follow-up bei 93,8%. Zu der 1-Jahresuntersuchung ist bei vollständiger Durchbauung der Anteil der Patienten mit einem erfolgreichen Outcome (sehr gut, gut, mäßig) höher als zu den vorherigen Untersuchungszeitpunkten, an denen keine vollständige Durchbauung vorlag. Ein statistisch signifikanter Unterschied zwischen Durchbauung und klinischem Outcome bestand nicht.

3.6.2 Durchbauung und klinisches Outcome bei beiden Patientengruppen

Die nachfolgenden Grafiken zeigen das Outcome bei beiden Patientengruppen nach drei, sechs und 12 Monaten sowie beim letzten Follow-up.

Durchbauung und klinisches Outcome bei beiden Patientengruppen nach 3 Monaten:

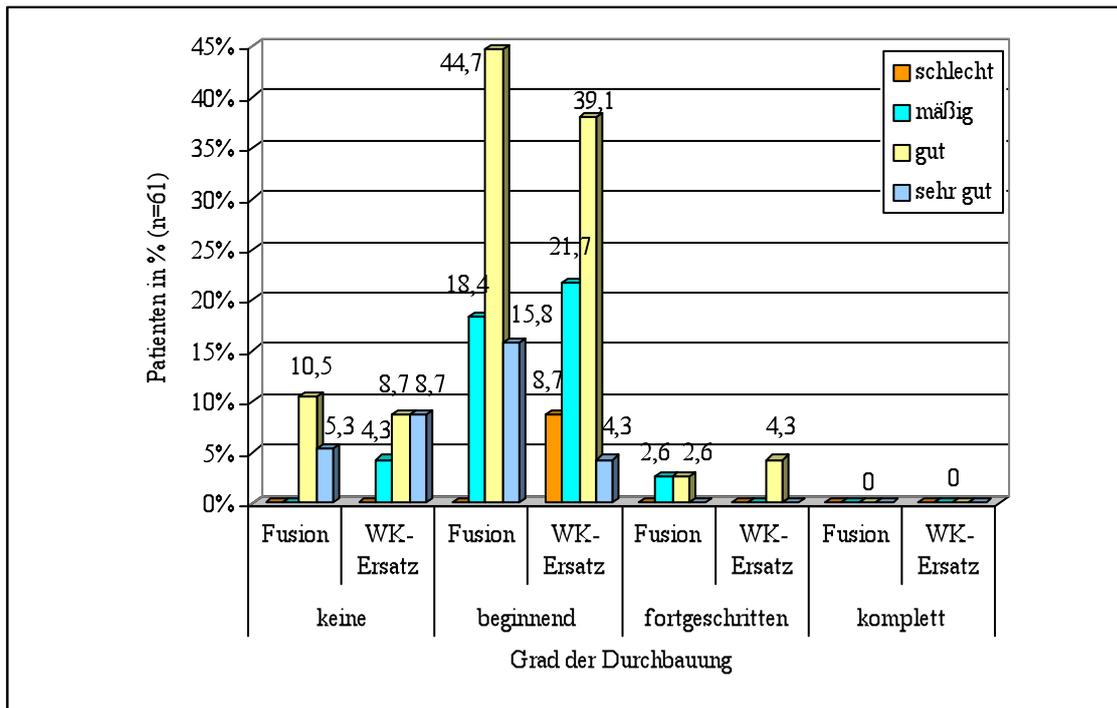


Abb.31: Durchbauung und klinisches Outcome bei beiden Patientengruppen nach 3 Monaten

Nach drei Monaten hatten die meisten Patienten, das waren 30 Fusionspatienten (78,9%) und 17 WK-Ersatzpatienten (73,9%), eine beginnende Durchbauung erreicht. Hiervon wiesen sechs Fusionspatienten (15,8%) und ein WK-Ersatzpatient (4,3%) ein sehr gutes Outcome auf. Bei 17 Fusionspatienten (44,7%) und neun WK-Ersatzpatienten (39,1%) bestand ein gutes Outcome. Sieben Fusionspatienten (18,4%) und fünf WK-Ersatzpatienten (21,7%) zeigten ein mäßiges Ergebnis und zwei WK-Ersatzpatienten (8,7%) ein schlechtes (Abb.31).

Durchbauung und klinisches Outcome bei beiden Patientengruppen nach 6 Monaten:

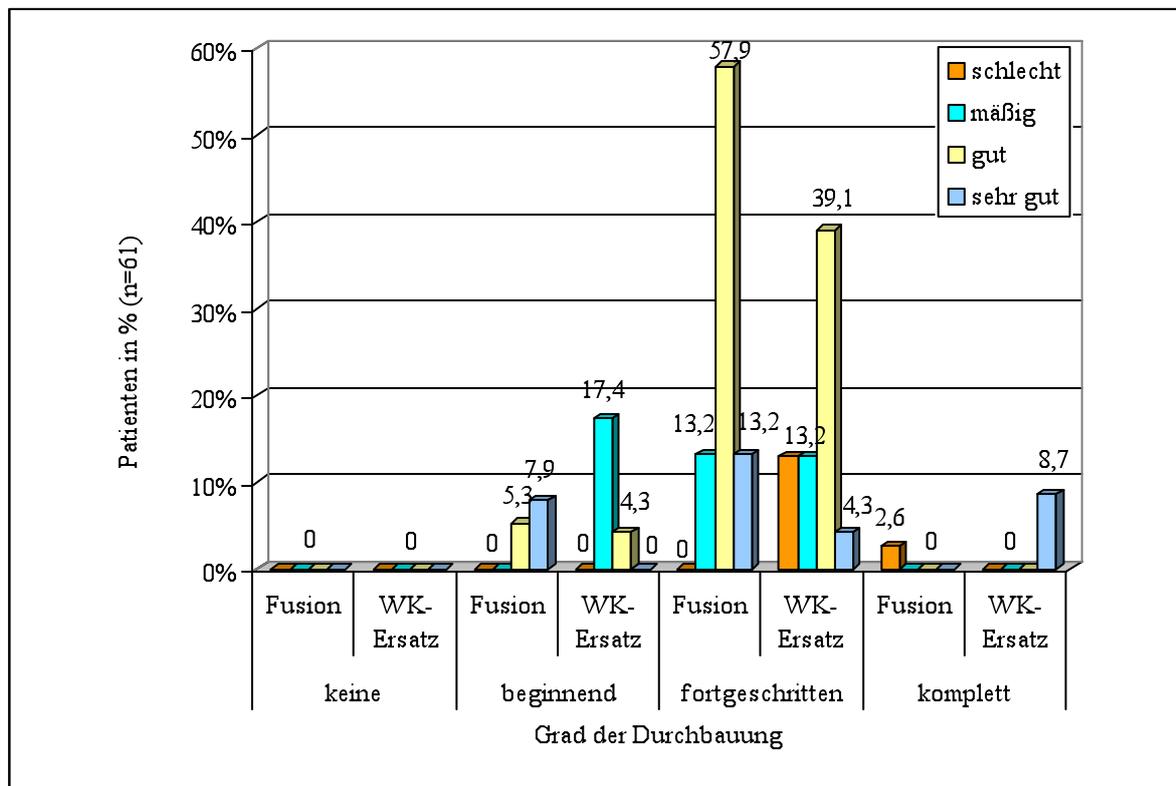


Abb.32: Durchbauung und klinisches Outcome bei beiden Patientengruppen nach 6 Monaten

Nach sechs Monaten zeigte ein überwiegender Teil in beiden Gruppen eine fortgeschrittene Durchbauung. Das waren 32 Patienten (84,3%) in der Fusionsgruppe und 16 Patienten (69,6%) in der WK-Ersatzgruppe. Hiervon hatten ein gutes Outcome 22 Fusionspatienten (57,9%) und neun WK-Ersatzpatienten (39,1%). Ein sehr gutes Ergebnis wiesen fünf Fusionspatienten (13,2%) und ein WK-Ersatzpatient (4,3%) auf. Ein mäßiges Resultat fand sich bei fünf Fusionspatienten (13,2%) und bei drei WK-Ersatzpatienten (13,0%). Ein schlechtes Outcome bei fortgeschrittener Durchbauung wiesen drei WK-Ersatzpatienten, aber kein Fusionspatient auf.

Eine komplette Durchbauung wurde von einem Fusionspatienten (2,6%) mit schlechtem Outcome erreicht und von zwei WK-Ersatzpatienten (8,7%), die beide ein sehr gutes Ergebnis hatten (Abb.32).

Durchbauung und klinisches Outcome bei beiden Patientengruppen nach 12 Monaten:

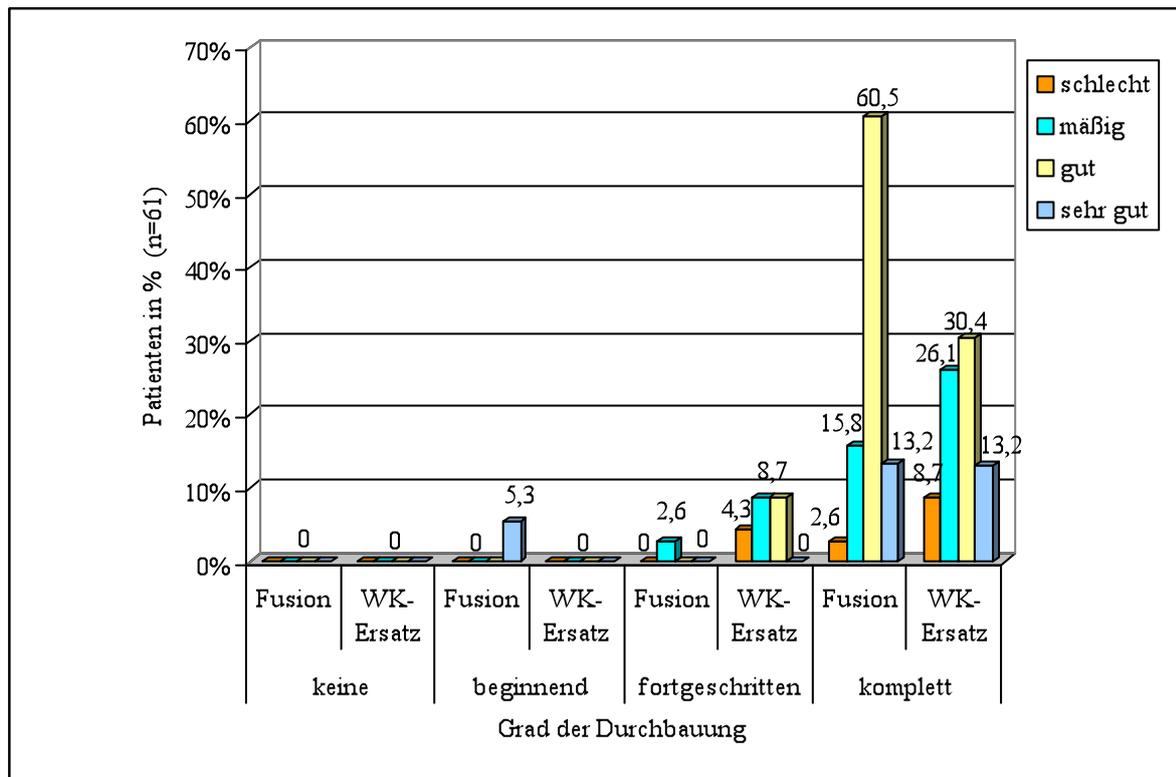


Abb.33: Durchbauung und klinisches Outcome bei beiden Patientengruppen nach 12 Monaten

Nach zwölf Monaten zeigte die Mehrheit der Patienten in beiden Gruppen eine komplette Durchbauung. Das waren 35 Fusionspatienten (92,1%) und 18 WK-Ersatzpatienten (78,3%). Davon hatten 23 Fusionspatienten (60,5%) ein gutes Outcome im Vergleich zu sieben WK-Ersatzpatienten (30,4%). Ein sehr gutes Ergebnis hatten fünf Fusionspatienten (13,2%) und drei WK-Ersatzpatienten (13,0%). Jeweils sechs Patienten aus beiden Gruppen (15,8% bzw. 26,1%) wiesen ein mäßiges Resultat auf. Ein schlechtes Outcome zeigten ein Fusionspatient (2,6%) und zwei WK-Ersatzpatienten (8,7%).

Ein fortgeschrittenes Stadium der Durchbauung fand sich bei einem Fusionspatienten (2,6%) mit mäßigem Ergebnis und bei fünf WK-Ersatzpatienten (21,7%). Hiervon hatten jeweils zwei Patienten (8,7%) ein gutes bzw. mäßiges Outcome und ein Patient (4,3%) ein schlechtes. Eine beginnende Durchbauung bestand bei zwei Fusionspatienten (5,3%), die beide ein sehr gutes Outcome aufwiesen (Abb.33).

Durchbauung und klinisches Outcome bei beiden Patientengruppen beim Follow-up:

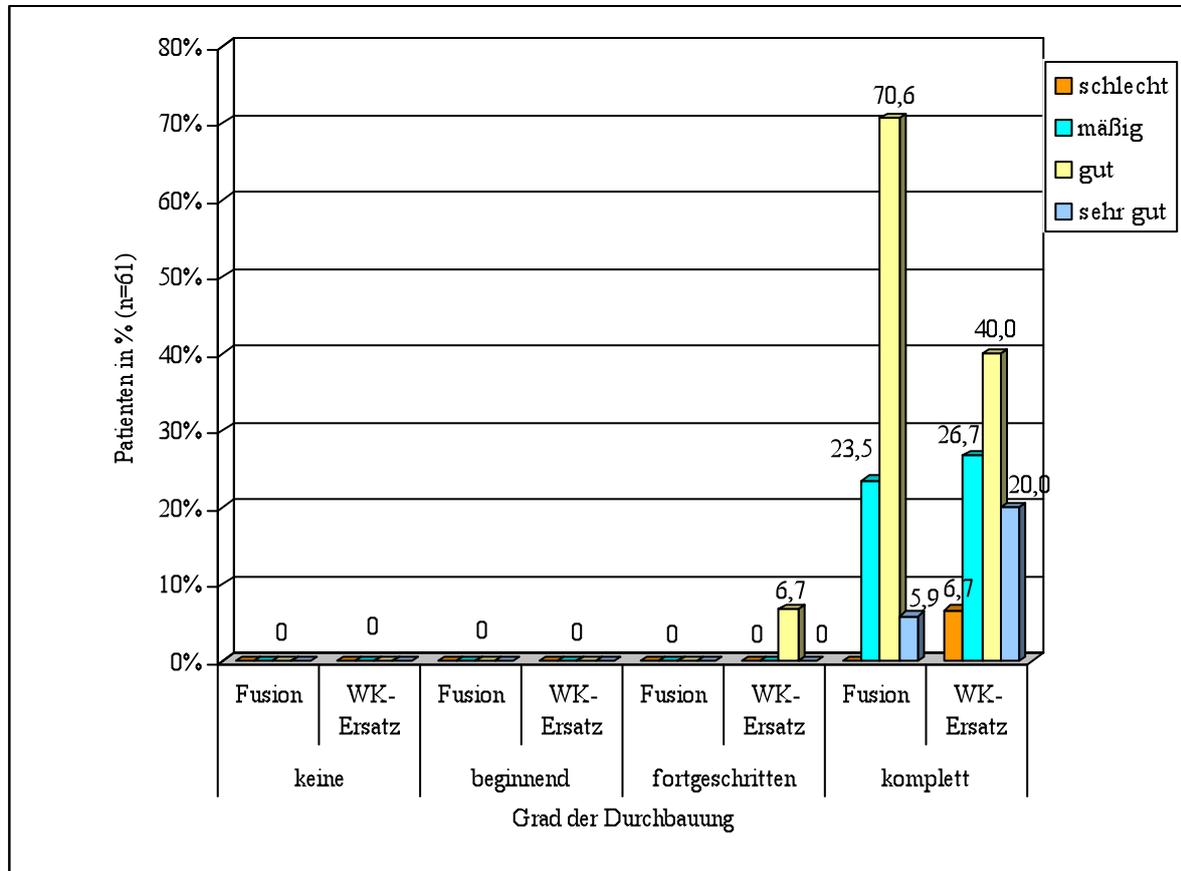


Abb.34: Durchbauung und klinisches Outcome bei beiden Patientengruppen beim letzten Follow-up (n=32)

Es wiesen alle 17 Fusionspatienten (100%) eine komplette Durchbauung auf. In der WK-Ersatzgruppe zeigten bis auf einen Patienten alle übrigen 14 (93,3%) eine komplette Durchbauung. Es hatten 12 Fusionspatienten (70,6%) und sechs WK-Ersatzpatienten (40%) ein gutes Outcome. Vier Fusionspatienten (23,5%) und vier WK-Ersatzpatienten (26,7%) zeigten ein mäßiges Resultat. Ein Fusionspatient (5,9%) und drei WK-Ersatzpatienten (20%) wiesen ein sehr gutes Ergebnis auf. Ein schlechtes Outcome bestand nur bei einem WK-Ersatzpatienten (6,7%). Der WK-Ersatzpatient (6,7%) mit der fehlenden Durchbauung hatte ein gutes klinisches Resultat (Abb.34).

Gesamtbeurteilung: In beiden Gruppen nahm die Durchbauung im zeitlichen Verlauf erwartungsgemäß zu. Nach einem Jahr lag der Anteil der Patienten mit vollständiger Durchbauung sowie einem guten oder sehr guten Outcome in der Fusionsgruppe bei 73,7% und in der WK-Ersatzgruppe bei nur 43,4%. Der Zusammenhang zwischen Outcome und Grad der Durchbauung war jedoch nicht signifikant.

3.7 Komplikationen

3.7.1 Gesamtkomplikationen

Die Tabelle 12 zeigt die Anzahl und Art der Komplikationen, die in Folge von insgesamt 61 durchgeführten Dekompressionsoperationen auftraten. Eine Mehrfachnennung war möglich.

	Gesamtkomplikationen (n=61)		Komplikationen bei Fusionspatienten (n=38)		Komplikationen bei WK-Ersatzpatienten (n=23)	
	n	%	n	%	n	%
<u>Allgemeine</u>						
Herzinfarkt	1	1,6	0	0	1	4,3
Pneumonie	1	1,6	0	0	1	4,3
<u>Zugangsbedingte</u>						
Recurrensparese (reversibel)	1	1,6	1	2,6	0	0
Recurrensparese (irreversibel)	2	3,3	0	0	2	8,7
Liquorfluss (intraoperativ)	3	4,9	0	0	3	13,0
Wundinfektionen	2	3,3	0	0	2	8,7
Fistelbildung	1	1,6	0	0	1	4,3
Nachblutung	1	1,6	0	0	1	4,3
<u>Plattenosteosynthese</u>						
Schraubenbruch	2	3,3	0	0	2	8,7
Schraubenüberstand	1	1,6	0	0	1	4,3
<u>Interponat</u>						
Dislokation	1	1,6	0	0	1	4,3
Infektion	2	3,3	0	0	1	4,3
Fraktur	1	1,6	1	2,6	0	0
Einbruch in angrenzenden WK	6	9,8	6	15,8	0	0
Pseudarthrose	8	13,1	3	7,9	5	21,7
<u>Weitere</u>						
Neurologische Verschlechterung*	1	1,6	1	2,6	0	0
Fraktur von WK in OP Gebiet	1	1,6	1	2,6	0	0
Instabilität v Anschlusssegment	2	3,3	1	2,6	1	4,3
Spina iliaca-Ausriss	2	3,3	0	0	2	8,7

Tab.11 Komplikationen

Insgesamt kam es zu 38 Komplikationen, die sich auf 22 Patienten (36%) verteilten. Das waren in der Fusionsgruppe 11 Patienten (28,9%) mit 14 Komplikationen. In der WK-Ersatzgruppe kamen auf 12 Patienten (52,2%) 24 Komplikationen. Die Komplikationsrate der WK-Ersatzpatienten war damit um 23,3% höher als bei den Fusionspatienten.

Die häufigsten Komplikationen waren in der Fusionsgruppe interponatbedingt. Das waren neun Patienten (23,7%) mit 10 Komplikationen. Es kam sechs Mal (15,8%) zu einem Einbruch des Interponats in den benachbarten Wirbelkörper. Drei Mal (7,8%) entwickelte sich eine Pseudarthrose und einmal (2,6%) kam es zu einer Interponatfraktur. In der WK-Ersatzgruppe kam es bei fünf Patienten (21,7%) zu sieben interponatbedingten Komplikationen. Bei den fünf Patienten entwickelte sich eine Pseudarthrose im Bereich der operierten Segmente. Einer der Patienten (4,3%) war zusätzlich von einer Interponatdislokation betroffen.

Am häufigsten traten bei den WK-Ersatzpatienten zugangsbedingte Komplikationen auf. Das waren neun Komplikationen, verteilt auf sechs Patienten (26,1%). Ein intraoperativer Liquorfluss trat drei Mal (13,0%) auf und war die häufigste Komplikation. Es folgten in zwei Fällen (8,7%) jeweils eine irreversible Recurrensparese und eine Abszessbildung. Eine Fistelbildung und eine Nachblutung traten jeweils einmal auf. In der Fusionsgruppe kam es nur einmal (2,6%) zu einer zugangsbedingten Komplikation in Form einer passageren Recurrensparese.

Diese Ergebnisse veranschaulichen die typischen Komplikationen der jeweiligen Operationen: Bei der Fusionsoperation waren die meisten Patienten (23,7%) von interponatbedingten Komplikationen betroffen. Bei der WK-Ersatzoperation waren die meisten Patienten (26,1%) von zugangsbedingten Komplikationen betroffen.

3.7.2 Interponate bei den Fusionspatienten

Die folgende Tabelle 13 zeigt die Anzahl und Art der auftretenden Komplikationen bei den Fusionspatienten, unterschieden nach den drei verwendeten Interponaten. Eine Mehrfachnennung war möglich.

Komplikationen	Patienten mit Knochenspan (n=18)		Patienten mit Titan (n=18)		Patienten mit Palacos (n=2)	
	n	%	%	n	%	n
Allgemeine	0	0	0	0	0	0
Zugangsbedinge	1	5,6	0	0	0	0
Platten-osteosynthese	0	0	0	0	0	0
Interponat	4	22,2	5	27,8	0	0
Weitere	0	0	3	16,7	0	0

Tab.13: Komplikationsrate bei den drei unterschiedlichen Interponaten

Von 38 Fusionspatienten wurden 18 Patienten mit einem Knochenspaninterponat operiert, 18 Patienten erhielten einen Titandübel und zwei Patienten wurden mit einem Palacosinterponat behandelt. Die zwei Patienten, die mit Palacosimplantaten (PMMA) als Platzhalter operiert wurden, waren komplikationsfrei.

Von den Patienten, die mit einem Knochenspan operiert wurden, kam es bei vier Patienten (22,2%) zu Komplikationen. Alle vier Patienten wiesen interponatbedingte Komplikationen auf. Davon war ein Patient (5,6%) zusätzlich von einer zugangsbedingten Komplikation betroffen. Von den Patienten, die mit einem Titandübel fusioniert wurden, waren sieben Patienten (38,9%) von Komplikationen betroffen. In dieser Gruppe waren fünf Patienten (27,8%), also die meisten, von interponatbedingten Komplikationen betroffen. Es gab drei Patienten (16,7%) mit weiteren Komplikationen.

Die Komplikationsrate der Patienten, denen ein Knochenspan implantiert wurde, war um 16,7% geringer als bei den Patienten, die mit einem Titanimplantat versorgt worden waren. Dieser Unterschied war jedoch nicht signifikant.

3.7.3 Einfluss einer Plattenosteosynthese

Tabelle 14 zeigt die Anzahl und Art der auftretenden Komplikationen bei Patienten, die mit einer Plattenosteosynthese und ohne eine zusätzliche ventrale Fixiervorrichtung operiert wurden.

Komplikationen	Patienten mit Plattenosteosynthese (n=18)		Patienten ohne Plattenosteosynthese (n=20)	
	n	%	n	%
Allgemeine	0	0	0	0
Zugangsbedingte	1	5,6	0	0
Plattenosteosynthese	0	0	0	0
Interponat	4	22,2	5	25,0
Weitere	2	11,1	1	5,0

Tab.14: Komplikationsrate mit und ohne Plattenosteosynthese

Von 18 Patienten, die mit Osteosyntheseplatte operiert wurden, hatten fünf Patienten (27,8%) Komplikationen. Es zeigten vier Patienten (22,2%) interponatbedingte Komplikationen, zwei Patienten (11,1%) wiesen weitere Komplikationen auf und bei einem Patienten (5,6%) wurde eine zugangsbedingte Komplikation registriert. Von 20 Patienten, die ohne Osteosyntheseplatte fusioniert wurden, zeigten sechs Patienten (30,0%) Komplikationen. Es hatten fünf Patienten (25,0%) interponatbedingte Komplikationen und ein Patient (5,0%) zeigte weitere Komplikationen auf.

Die Komplikationsrate der Patienten, die mit und ohne Plattenosteosynthese operiert wurden, war damit etwa gleich hoch (27,8% zu 30,0%).

3.7.4 Anzahl der operierten Wirbelkörper

Die folgende Tabelle zeigt die Anzahl und Art der auftretenden Komplikationen bei WK-Ersatzpatienten, denen ein WK sowie zwei und mehr WKs entfernt worden waren.

Komplikationen	Ein resezierter Wirbelkörper (n=15)		Zwei und mehr resezierte Wirbelkörper (n=8)	
	N	%	n	%
Allgemeine	1	6,7	1	12,5
Zugangsbedingte	4	26,7	3	37,5
Plattenosteosynthese	2	13,3	1	12,5
Interponat	3	20,0	2	25,0
Weitere	3	20,0	0	0

Tab.15: Komplikationsrate nach Anzahl der operierten Wirbelkörper

Von den 15 WK-Ersatzpatienten, denen nur ein Wirbelkörper reseziert worden war, hatten acht Patienten (53,3%) Komplikationen. Die meisten, das waren vier Patienten (26,7%), hatten zugangsbedingte Komplikationen. Es folgten interponatbedingte Komplikationen und weitere Komplikationen bei jeweils drei Patienten (20,0%). Von den Patienten, denen zwei und mehr Wirbelkörper reseziert wurden, hatten vier Patienten (50,0%) Komplikationen. Auch in dieser Gruppe hatten die meisten, drei Patienten (37,5%), zugangsbedingte Komplikationen. Es folgten zwei Patienten (25,0%) mit interponatbedingten Komplikationen (25,0%). Plattenosteosynthesebedingte und allgemeine Komplikationen traten bei jeweils einem Patienten auf (12,5%).

Die Komplikationsrate der Patienten, denen ein und mehrere WKs entfernt wurden, war somit annähernd gleich hoch (53,3% zu 50,0%).

3.8 Folgeoperationen

Von den 61 Patienten mussten acht Patienten aufgrund von Komplikationen erneut operiert werden. Das betraf bei der Fusionsoperation fünf Patienten (13,2%) und bei der WK-Ersatzoperation drei Patienten (13,0%).

3.8.1 Revisionen nach mehrsegmentaler Fusion

Die Tabelle 16 gibt eine Übersicht über die Art der Revisionen bei den Fusionspatienten.

	Primär-OP (n=38)	Sekundär-OP (n=6)	Tertiär-OP (n=1)
Mehrsegmentale Fusions-OP	38	1	0
WK-Ersatz-OP	0	2	0
OP nach Frykholm	0	1	0
Laminektomie und Drahtzerclage	0	0	1
Einfache Fusion	0	1	0

Tab.16: Revisionsoperationen der Fusionspatienten

Bei den 38 Fusionspatienten musste bei fünf Patienten (13,2%) wegen einer Komplikation eine Revision durchgeführt werden. Ein Patient entwickelte nach einem Jahr eine Segmentinstabilität oberhalb der operierten Höhe. Es erfolgte eine mehrsegmentale Fusionsoperation zur Beseitigung dieser Instabilität. Der zweite Patient wurde bei einer Fraktur des zwischen zwei Interponaten gelegenen Wirbelkörpers revidiert. Hierbei erfolgte eine WK-Ersatzoperation, bei der der frakturierte Wirbelkörper durch einen Knochenspan ersetzt wurde. Ein anderer Patient entwickelte unmittelbar postoperativ eine Parese der unteren Extremitäten, deren Genese nie geklärt werden konnte. Dieser Patient wurde zur vollständigen Dekompression des Rückenmarks mit einer WK-Ersatzoperation behandelt. Bei ausbleibender Besserung erfolgte anschließend eine erneute Revision (Tertiär-OP) in Form einer Laminektomie und Drahtzerclage. Hierbei wurde ein verdicktes Ligamentum flavum entfernt. Der Patient behielt eine spastische Parese der unteren Extremitäten und konnte später mit Unterarmgehstützen kurze Strecken gehen. Bei dem vierten Patienten erfolgte nach einem Jahr eine Foraminotomie nach Frykholm aufgrund

einer ausgeprägten Radikulopathie. Die Ursache war der Einbruch des Knochen-
spaninterponates in den Anschlusswirbelkörper, einhergehend mit osteophytären Anlage-
rungen. Der fünfte Patient wurde zwei Monate nach einer dreisegmentalen Fusion
aufgrund einer Interponatfraktur revidiert. Es erfolgte eine einfache Fusionsoperation zur
Beseitigung des frakturierten Interponats.

3.8.2 Revisionen nach WK-Ersatz

Die Tabelle 17 gibt eine Übersicht über die Art der Revisionen bei den WK-
Ersatzpatienten.

	Primär-OP (n=23)	Sekundär-OP (n=4)	Tertiär-OP (n=2)	Quartär-OP (n=1)	Quintär-OP (n=1)
WK-Ersatz mit Knochen	23	1	0	0	0
Einfache Fusion	0	1	1	0	0
Wechsel der Osteosynthese	0	1	0	0	0
Laminektomie u. dorsale Stabilisierung	0	0	1	0	0
Titankorb als WK-Ersatz	0	0	0	1	0
Palacosaug- mentierung	0	0	0	0	1

Tab.17: Revisionsoperationen der WK-Ersatzpatienten

Bei der WK-Ersatzoperation wurden drei Patienten (13,0%) erneut revidiert. Ein Patient
(4,3%) musste neun Monate nach der Primär-OP, aufgrund einer Lockerung der
Osteosynthese, einer Sekundär-OP unterzogen werden. Hierbei wurde die Osteosynthese
gewechselt. Der zweite Patient, der revidiert werden musste, entwickelte drei Jahre nach
der Primär-OP oberhalb der operierten Höhe eine Segmentinstabilität. Zur Segment-
stabilisierung erfolgte eine einfache Fusionsoperation. Nach dieser Revisionsoperation
erlitt der Patient im weiteren Verlauf einen Schraubenbruch, so dass eine erneute
Fusionsoperation (Tertiär-OP) durchgeführt wurde. Der dritte Patient entwickelte
intraoperativ einen Myokardinfarkt und wurde reanimiert. Hierbei kam es zu einer
Interponatdislokation aufgrund dessen vier Wochen später eine WK-Ersatzoperation
(Sekundär-OP) auf gleicher Höhe erfolgte. Wegen anhaltender neurologischer Ausfälle

erfolgte oberhalb der operierten Höhen eine Laminektomie mit dorsaler Stabilisierung (Tertiär-OP). Es kam zu einer Entzündung der Implantate mit der Folge weiterer Revisionen. Hierbei wurde zunächst ein Titan-Korb (Quartär-OP) implantiert, anschließend wurde bei erneuter Entzündung des Interponates eine Palacosaugmentierung (Quintär-OP) durchgeführt. Die beiden zuletzt durchgeführten Operationen umfassten jeweils das Operationsgebiet der Primär- und der Sekundäroperation.

Gesamtbeurteilung der Revisionsoperationen bei beiden Operationsmethoden: In der Fusionsgruppe wurden insgesamt fünf Patienten (13,2%) und in der WK-Ersatzgruppe drei Patienten (13,0%) revidiert. Damit war die prozentuale Rate der revidierten Patienten in beiden Operationsgruppen etwa gleich hoch. Mehrere Revisionen waren bei der Fusionsoperation bei nur einem Patienten (2,6%) wegen neurologischer Ausfälle erforderlich, während bei der WK-Ersatzoperation zwei Patienten (8,7%) mehrmals revidiert wurden. Hierbei wurde ein WK-Ersatzpatient (4,3%) mit einer Interponatdislokation sogar viermal revidiert werden.

Es wurden Frakturen einer ossären Struktur nur bei der Fusionsoperation und zwar bei drei Patienten (7,9%) beobachtet. In einem Fall war dies eine Wirbelkörperfraktur im Bereich der operierten Höhe. In dem zweiten Fall kam es zu einem Einbruch des Interponats in den anschließenden Wirbelkörper. Im dritten Fall wurde eine Interponatfraktur festgestellt.

3.8.3 Weitere operative Eingriffe

Bei der WK-Ersatzoperation kam es bei vier Patienten (17,4%) zu Komplikationen, die kleinere Eingriffe nach sich zogen. Bei der Fusionsoperation traten solche Komplikationen nicht auf. Dieser Unterschied war statistisch signifikant ($p=0,02$).

Es musste bei einem WK-Ersatzpatienten (4,3%) eine dislozierte Schraube entfernt werden und bei einem anderen WK-Ersatzpatienten (4,3%) wurde eine gebrochene Schraube beseitigt. Bei dem dritten WK-Ersatzpatienten musste wegen einer Nachblutung eine Wundrevision erfolgen und bei dem vierten WK-Ersatzpatienten wurde die Wunde wegen eines Abszesses revidiert.

Ein WK-Ersatzpatient war zuvor bereits viermal revidiert worden. Hiernach waren zudem drei kleinere Eingriffe wegen Komplikationen notwendig. Zunächst erfolgte eine Operation wegen einer Abszessbildung und anschließend zwei Operationen wegen einer Fistelbildung.

4. Diskussion

4.1 Operationsverfahren

4.1.1 Allgemeines

Diese retrospektive Studie untersucht zwei ventrale Operationsmethoden, die in der Behandlung von mehrsegmentalen degenerativen Halswirbelsäulenerkrankungen im Zeitraum von 1993-1999 an der Neurochirurgischen Klinik in Gießen angewendet wurden. Anhand der klinischen und radiologischen Ergebnisse und Komplikationen erfolgte eine Verlaufs-beurteilung von 38 Patienten, die mit der mehrsegmentalen interkorporellen Fusionsoperation, und von 23 Patienten, die mit der Wirbelkörperersatzoperation behandelt wurden.

4.1.2 Ziele und Voraussetzungen beider Methoden

Mit der mehrsegmentalen Fusionsoperation (modifizierte Smith-Robinson-Methode) und der Wirbelkörperersatzmethode (Korporektomie) stehen zwei ventrale Operationsverfahren für die Behandlung von degenerativen Halswirbelsäulenerkrankungen zur Verfügung. Der Operateur gelangt nach der Diskektomie über den Intervertebralraum direkt zum Spinalkanal und den lateral gelegenen Neuroforamina. Hier werden mögliche Einengungen mit Hochgeschwindigkeitsfräsen entfernt. Nach der Dekompression der nervalen Strukturen erfolgt bei der modifizierten Smith-Robinson-Methode die Insertion eines interkorporellen Implantates. Bei der Korporektomie wird das Operationsgebiet durch die zusätzliche Resektion der mittigen Wirbelkörperanteile auf der Breite des Spinalkanals erweitert, wodurch eine zusätzlich Entlastung der nervalen Strukturen bewirkt wird. Dann wird ein Interponat als Ersatz des fehlenden Wirbelkörpers implantiert. Bei beiden Operationsmethoden sollen mit dem Interponat die Tragfähigkeit der anterioren Wirbelsäulenelemente wiederhergestellt und eine vorhandene Kyphose korrigiert werden. Die spätere Fusion soll eine dauerhafte Stellungskorrektur erzeugen und eine neuerliche Degeneration im operierten HWS-Bereich ausschließen.

4.1.3 Operationsmethoden und Modifikationen

Um degenerative Halswirbelsäulenerkrankungen von vorne zu operieren, ist der von Smith und Robinson sowie Cloward eingeführte ventrale operative Zugang allgemein anerkannt (ABRAHAM und HERKOWITZ 1998, HEIDECHE et al. 2000). Bereits die Methoden

von Smith, Robinson und Cloward unterschieden sich durch unterschiedliche Instrumente in der Präparation des Bandscheibenfaches und durch die Form der Knochendübel. Während die klassischen Verfahren einen autologen Knochenspan aus dem Beckenkamm des Patienten benutzen, wurden diese Methoden durch die Verwendung anderer Platzhalter inzwischen modifiziert. Als weiteres ventrales Operationsverfahren steht die von BERNARD und WHITECLOUD (1987) und BONI et al. (1984) eingeführte Wirbelkörperersatzoperation zur Verfügung. Bei längerstreckigen Operationen werden hierbei häufig anstelle eines autologen Beckenkammspans ein Fibula-Interponat oder Implantate aus Titan, Carbon oder PEEK (Poly-Ether-Ether-Ketone) verwendet.

An der Universitätsklinik in Gießen kam zwischen 1993-1999 bei mehrsegmentalen Pathologien einerseits die modifizierte Smith-Robinson-Technik unter Verwendung von Beckenkamm-, Titan- und Palacosinterponaten zum Einsatz, andererseits erfolgte die Wirbelkörperersatzoperation mit Implantation von autologen Beckenkammspänen.

4.2 Patientengut

4.2.1 Ausfallquoten

Es wurden die Krankheitsverläufe von zwei Patientengruppen zu bestimmten Zeitpunkten (postoperativ, 3 Monate, 6 Monate, 12 Monate und letztes Follow-up) miteinander verglichen. 42 Patienten, deren Daten zu den Nachuntersuchungszeitpunkten unvollständig waren, wurden ausgeschlossen. Weitere acht Patienten entfielen der Studie, da sie gleichzeitig mit beiden Operationsmethoden behandelt worden waren. Von 111 Patienten, die wegen mehrsegmentaler degenerativer Veränderungen der HWS operiert wurden, konnten somit 61 Patienten in unsere Verlaufsuntersuchung eingeschlossen werden. Das entspricht einem drop out von 55,0% und liegt somit im Vergleich mit der Literatur im mittleren Bereich.

Bei HILIBRAND et al. (2002) über die mehrsegmentale Fusionsoperation lag die Ausfallquote bei 23,6%. Es wurden Patienten ausgeschlossen, deren Daten zu den Nachuntersuchungszeitpunkten nicht vollständig waren. YANG et al. (1987) kamen auf eine Ausfallquote von 75,2%, da ein Großteil der Patienten den Nachuntersuchungen fernblieb. In den Studien zur WK-Ersatzmethode hatten SAUNDERS et al. (1991) einen drop out von 51,2%. Zur Ursache dieser Ausfallquote wurden keine Angaben gemacht. Bei RAJSHEKHAR et al. (2003) lag der drop out bei 53,5%. Auch hier wurden keine näheren Angaben zur Ursache gemacht. Eine andere Ursache des eigenen drop out war der

Ausschluss von Patienten ohne eine chronisch degenerative HWS-Erkrankung. Andere Autoren nahmen Patienten mit akuten Erkrankungen wie HWS-Traumata, Tumoren oder Infektionen in ihre Studien mit auf (ELERAKY et al. 1999, MACDONALD et al. 1997, PAN et al. 2004). Teilweise wurde das Patientengut auch nach der Anzahl der operierten Höhen selektiert (WANG et al. 2001, BOLESTA et al. 2000) oder es wurde kein drop out erwähnt. Beides kann zu einer Verzerrung der Datenlage beitragen und ist bei Betrachtung der Ergebnisse stets zu berücksichtigen.

4.2.2 Geschlechterverteilung

Es wurden 26 weibliche Patientinnen (42,6%) und 35 männliche Patienten (57,4%) operiert. Die Geschlechterverteilung war bei einer leichten Überzahl der männlichen Patienten relativ ausgewogen.

Auch in der Literatur wurden regelmäßig mehr männliche als weibliche Patienten mit den ventralen Operationsmethoden der HWS behandelt (BURGER et al. 1996, HUGHES et al. 2006, MACDONALD et al. 1997, SAUNDERS et al. 1991, WANG et al. 2003, YANG et al. 1987). Da das Zervikalsyndrom bis zum 60. Lebensjahr häufiger bei Frauen als bei Männern auftritt (KRÄMER 2006), überrascht es, dass überwiegend männliche Patienten operiert wurden. Ob das geringere Schmerzempfinden der Frau gegenüber dem Mann (KAREN et al. 2006) bei der Indikationsstellung für eine operative Therapie der degenerativen HWS eine Rolle spielt oder verschiedene andere Aspekte wie psychosoziale Faktoren, Coping Strategien oder die Geschlechterrolle dazu beitragen, dass Frauen nicht in den Genuss einer adäquaten Schmerztherapie kommen (IASP 2007), kann vermutet werden.

4.2.3 Altersverteilung

Zum Zeitpunkt der Operation betrug das durchschnittliche Alter aller Patienten 55,5 Jahre. Die Fusionspatienten waren durchschnittlich 54,4 Jahre alt und das Durchschnittsalter der WK-Ersatzpatienten lag bei 57,2 Jahren.

In der Literatur wird das vorrangige durchschnittliche Alter zum Zeitpunkt der Operation zwischen 45 und 60 Jahre angegeben (BOLESTA et al. 2000, BRODKE und ZDEBLICK 1992, MACDONALD et al. 1997, PAN et al. 2004). Demnach stimmt das Alter der eigenen Patienten mit der Literatur überein. Die am häufigsten betroffene Altersgruppe bei beiden Operationen war die zwischen 51 und 60 Jahre. In der WK-Ersatzgruppe folgten

Patienten, die zum Zeitpunkt der Operation zwischen 61 und 70 Jahre alt waren. Die in dieser Studie eingeschlossenen WK-Ersatzpatienten waren etwas älter als in der Literatur beschrieben.

In der Literatur wurden möglicherweise ältere Patienten vorwiegend mit der mehrsegmentalen interkorporellen Dekompressions- und Fusionsoperation deshalb operiert. Da älteren Patienten ungern das mit der WK-Ersatzoperation einhergehende invasivere Verfahren zumutet werden sollte.

4.2.4 Intraoperative Diagnosen

In der eigenen Studie waren degenerative Veränderungen ausschließliche Operationsursache. Bei 27 Patienten (44,3%) zeigten sich Osteophyten, gefolgt von 23 Patienten (37,7%), die eine Kombination aus Bandscheibenvorfällen und Osteophyten aufwiesen. Fünf Patienten (8,2%) zeigten eine HWS-Instabilität und gleichzeitig Osteophyten. In der Fusionsgruppe hatten insgesamt 32 Patienten (84,2%) Osteophyten oder Osteophyten und Bandscheibenvorfälle. Auch bei den WK-Ersatzpatienten hatten 18 Patienten (78,2%) Osteophyten oder Osteophyten und Bandscheibenvorfälle.

In der Literatur überwiegen ebenfalls Spondylophyten und Bandscheibenvorfälle als Operationsindikationen. BRODKE und ZDEBLICK (1992) berichteten bei ihren ein- und mehrsegmentalen Operationen von 63% Bandscheibenvorfällen und 37% Osteophyten. SAUNDERS et al. (1991) fassten Bandscheibenvorfälle oder Osteophyten zusammen, diese Degenerationen machten 95% der Operationsindikationen aus. Bei WANG et al. (2001) wiesen alle Patienten (100%) entweder Bandscheibenvorfälle oder Osteophyten auf. MACDONALD et al. (1997) operierten 55,6% ihrer Patienten mit spondylophytären Degenerationen. Generell können auch nicht degenerative Veränderungen eine Indikation für eine ventrale Operation darstellen (dorsale Pathologien wie Ossifikation des hinteren Längsbandes, akute Ereignisse wie HWS-Traumen und weitere Erkrankungen wie Tumore und Infektionen) (ELERAKY et al. 1999, MACDONALD et al. 1997, RIEW et al. 1999).

4.2.5 Klinische Symptomatik

Alle 61 Patienten (100%) wiesen ein radikuläres Syndrom auf. 53 Patienten (86,9%) zeigten ein lokales HWS-Syndrom, und bei 37 Patienten (60,7%) bestand eine spinale Symptomatik. In der Fusionsgruppe waren die drei häufigsten Symptome eine Brachialgie bei 33 Patienten (86,8%), eine Zervikalgie bei 33 Patienten (86,8%) und Sensibilitäts-

störungen der Oberen Extremitäten bei 32 Patienten (84,2%). In der WK-Ersatzgruppe zeigten 20 Patienten (87,0%) eine Sensibilitätsstörung der Oberen Extremitäten, gefolgt von 16 Patienten (69,6%) mit einer Zervikalgie und 14 Patienten (60,9%) mit Gangstörungen. Mehrfachnennungen waren möglich.

In der Literatur über die Fusionsoperation ist die Radikulopathie ebenfalls das häufigste Syndrom (73,3-91%). Es folgen das lokale HWS-Syndrom (24,3-44,4%) und die Myelopathie (17,6-26,7%) (BOLESTA et al. 2000, HILIBRAND et al. 2002). Bei der WK-Ersatzoperation ist die Myelopathie das häufigste Syndrom (53,5-76,9%), gefolgt von der Radikulopathie (13,0-23,1%) und dem lokalen HWS-Syndrom (5-10%) (ELERAKY et al. 1999, HILIBRAND et al. 2002, HUGHES et al. 2006). Sowohl in der Literatur als auch in der eigenen Studie sind die Hauptsyndrome das lokale HWS-Syndrom, die Radikulopathie und die Myelopathie. Die unterschiedliche Verteilung der Syndrome macht deutlich wie sehr das klinische Bild der HWS Erkrankung variieren kann.

HEIDECKE et al. (2000) und HERKOWITZ (1989) sind nach intensiver Literaturrecherche über ein- und mehrsegmentale Fusionsoperationen der Auffassung, dass Patienten mit einer Radikulopathie ein besseres Outcome haben, als Patienten mit einer Myelopathie. Es wurden jedoch teilweise unterschiedliche Operationstechniken, inhomogene Patientengruppen und verschieden lange Follow-up Perioden miteinander verglichen. Andere Studien zeigen, dass die Dauer der klinischen Symptomatik das Outcome negativ beeinflusst. So kommen YANG et al. (1987) bei der mehrsegmentalen Fusionsoperation bei 74% der Patienten auf ein gutes und sehr gutes Ergebnis bei einer Anamnese, die kürzer als ein Jahr war. Hingegen hatten nur 36% der Patienten, deren Anamnese länger als ein Jahr war, ein gutes und sehr gutes Ergebnis. In der Studie von ROOSEN et al. (1981) über die Fusionsoperation mit 392 Patienten war eine akute und subakute zervikale Myelopathie mit besseren Ergebnissen verbunden, als wenn eine chronische Myelopathie bestanden hatte. Als realistisches Ziel einer Operation von Patienten, deren Beschwerden länger als ein Jahr bestehen, sehen BERNARD und WHITECLOUD (1987) eine klinische Stabilisierung oder eine leichte Verbesserung der Symptome.

4.2.6 Die Bedeutung des Scores

Die Beurteilung des Operationserfolges in der eigenen Studie erfolgte durch einen selbst entwickelten Score. In diesen Score wurden die klinischen Parameter aufgenommen, die als charakteristisch für das Krankheitsbild des degenerativen Halswirbelsäulensyndroms

eingestuft wurden. Hierzu zählten Zervikalgien und zervikale Bewegungsstörungen, die bei einem lokalen HWS-Syndrom auftreten. Es wurden radikuläre Parameter wie Sensibilitätsstörungen der oberen Extremitäten, Brachialgien und Paresen erfasst. Als spinale Symptomatik wurden Paresen der unteren Extremitäten, Sensibilitätsstörungen und Gangstörungen erfasst. An weiteren Befunden wurden Muskeleigenreflexe, pathologische Reflexe und Muskelatrophien berücksichtigt. Die klinischen Parameter wurden äquivalent gewichtet, da für den Patienten beispielsweise Paresen ebenso bedeutsam sein können wie Schmerzen oder Bewegungseinschränkungen der Halswirbelsäule.

Anhand dieser Angaben ermöglichte es der eigene Score eine Bewertung der klinischen Ergebnisse in vier unterschiedliche Kategorien vorzunehmen. Ein sehr gutes klinisches Ergebnis bedeutete die vollständige Rückbildung der Symptome. Ein gutes Ergebnis beinhaltete eine Verbesserung der Symptomatik. Ein mäßiges Ergebnis umfasste keine Änderung der Parameter. Ein schlechtes Ergebnis bedeutete eine Verschlechterung der Beschwerden.

Auch andere Studien zum Thema der degenerativen Erkrankungen der Halswirbelsäule verwenden unterschiedliche Bewertungsschemata oder Scores, um den Erfolg einer Maßnahme darzustellen. Von der Japanischen Gesellschaft für Orthopädie (JOA 1976) wurde die JOA-Skala entwickelt, deren funktioneller Score die motorischen und sensorischen Funktionen bei einer zervikalen Myelopathie erfassen. NURICK (1972) arbeitete mit einem Score, der ausschließlich auf das Vorhandensein von Gangstörungen als Zeichen einer Myelopathie abzielt. Der von ODOM et al. (1958) erstellte Odom-Score ist ein funktioneller Score, der nur auf den Schmerzcharakter angewandt wird. PROLO et al. (1986) führten den ursprünglich für die Lendenwirbelsäule vorgesehenen PROLO-Score ein, welcher den Grad der Schmerzen und deren Auswirkungen auf die Aktivität des Patienten erfasst. ROOSEN und GROTE (1980) entwickelten die Roosen-Skala, welche objektive und subjektive Symptome erfasst und diese in fünf Grade einteilt. Aufgrund der Vielzahl von Methoden, mit der eine Bewertung der Ergebnisse erfolgen kann, lassen sich die Studien teilweise nur eingeschränkt miteinander vergleichen. Des Weiteren stellt sich die Frage, wie die Ergebnisse das operative Ergebnis wirklich repräsentieren. Nach einer Wirbelsäulenoperation im LWS-Bereich verglichen HOWE und FRYMOVER et al. (1985) 14 verschiedene Scores miteinander. Abhängig vom verwendeten Score schwankte der operative Erfolg zwischen 60% und 97%.

4.2.7 Anzahl der operierten Segmente und Wirbelkörper

In unserer Studie wurden bei 34 Fusionspatienten (89,5%) jeweils zwei Segmente operiert. Die restlichen vier Patienten (10,5%) wurden an drei Segmenten behandelt.

In der Literatur über die Fusionsoperation behandelten auch PAN et al. (2004) mit 73,5% und HILIBRAND et al. (2002) mit 74,8% die Patienten am häufigsten bisegmental. WANG et al. (2000) nahmen in ihre Studie nur bisegmental operierte Patienten auf. In 2001 wurden von ihnen nur trisegmental operierte Patienten untersucht. YANG et al. (1987) operierten bei 56,3% und BOLESTA et al. (2000) bei 80% der Patienten am häufigsten trisegmental.

In 65,2% der Fälle wurde bei den eigenen WK-Ersatzpatienten am häufigsten ein WK operiert, das war bei 15 Patienten. Sieben Patienten (30,4%) wurden zwei WK entfernt und bei einem Patienten (4,3%) vier WK.

Bei 48,3% der Patienten operierten ELERAKY et al. (1999) einen WK. Zwei WK wurden 37,4% der Patienten reseziert. Bei 15,7% der Patienten wurden drei WK entfernt. BURGER et al. (1996), NUI et al. (2000) und ÖZGEN et al. (2004) entfernten ebenfalls am häufigsten einen WK. Andere Autoren führten mit der WK-Ersatzoperation längerstreckige Dekompressionen durch. Mit 35,6% bei HILIBRAND et al. (2002) und 46% bei KAJNAR et al. (1999) wurden am häufigsten zwei WK entfernt. BERNARD et al. (1987), MACDONALD et al. (1997) und SAUNDERS et al. (1991) resezierten am häufigsten drei WK. Die Rate lag hier bei 52,7% und 61,9% der Patienten. Die prozentuale Verteilung der operierten Segmente und Wirbelkörper der eigenen Untersuchung ähnelt den Ergebnissen in den Studien von ELERAKY et al. (1999), HILIBRAND et al. (2002) und PAN et al. (2000).

4.2.8 Höhenverteilung der Segmente und Wirbelkörper

Bei den Fusionspatienten wurde 36-mal (45%) und damit am häufigsten das Segment HWK 5/6 operiert. Es folgte die Höhe HWK 6/7 in 27 Fällen (33,8%). Bei den WK-Ersatzpatienten wurde bei 11 Patienten (47,8%) und somit am häufigsten der HWK 5 entfernt und ersetzt. Am zweithäufigsten war bei 10 Patienten (43,5%) der HWK 4 operiert worden.

In der Literatur wird ebenfalls am häufigsten im unteren HWS-Bereich operiert (KOJIMA et al. 1998, SMITH et al. 1958, WHITE et al. 1973, YONENOBU et al. 1985). Aufgrund der erhöhten mechanischen Beanspruchung der unteren Halswirbelsäulensegmente

schreiten hier degenerative Umbauvorgänge schneller voran. Desweiteren führt die Intumeszenz des Myelons in diesem Halswirbelsäulenbereich (HWK 5-7) dazu, dass spondylotische Anbauten frühzeitig eine Schädigung des Myelons bewirken können (PARKE 1988).

4.3 Ergebnisse

4.3.1 Operationsdauer

In der eigenen Studie dauerte die mehrsegmentale interkorporelle Fusion von zwei Segmenten durchschnittlich 157,3 Minuten, während die WK-Ersatzoperation eines Wirbelkörpers durchschnittlich 187,9 Minuten dauerte. Dieser Unterschied war statistisch signifikant ($p=0,025$). Somit würde die Zeitersparnis von durchschnittlich 30,6 Minuten bei einer Operationsstrecke, die sich über zwei Bandscheibenzwischenräume erstreckt, für die Fusionsoperation sprechen. Die durchschnittliche Operationszeit bei einer dreisegmentalen Fusionsoperation betrug ca. drei Minuten weniger als bei einer WK-Ersatzoperation über zwei Wirbelkörperhöhen.

Mit der verbundenen Einsparung von Kosten für die Narkose- und Operationsdauer ist ein geringeres Risiko von Komplikationen von besonderer Relevanz, da sich das Risiko von perioperativen Komplikationen mit zunehmender Operationszeit erhöht. Letztlich sollte aber die Entscheidung hinsichtlich des geeigneten OP-Verfahrens von der Pathologie und ihrer Ausdehnung primär abhängig gemacht werden.

4.3.2 Krankenhausverweildauer

Im Durchschnitt blieben die Fusionspatienten $9,6 \pm 3,2$ Tage stationär, während die Krankenhausverweildauer der WK-Ersatzpatienten durchschnittlich $11,3 \pm 3,2$ Tage betrug. Die durchschnittliche Krankenhausverweildauer der WK-Ersatzpatienten war somit statistisch signifikant länger ($p=0,045$).

Bei MACDONALD et al. (1997) lag die durchschnittliche Krankenhausverweildauer der Patienten mit 27 ± 22 Tagen deutlich höher. Es wurde aber auch pro Patient eine größere Anzahl an Wirbelkörpern entfernt. Ein kürzerer stationärer Aufenthalt spart Kosten und reduziert die Komplikationsrate, die mit der Dauer des stationären Aufenthaltes ansteigt.

4.3.3 Klinische Ergebnisse

Im Laufe des ersten Jahres lag die Anzahl aller operierten Patienten mit einem erfolgreichen Outcome (mäßig, gut, sehr gut) zwischen 52 Patienten (85,2%) und 58 Patienten (95,1%). Beim Follow-up (n=32) hatten nur 23 Patienten (71,9%) ein erfolgreiches Ergebnis.

Es zeigten bei der Fusionsoperation nach zwölf Monaten 37 Fusionspatienten (97,4%) ein erfolgreiches Ergebnis (mäßig, gut, sehr gut), davon hatten 29 Patienten (76,3%) eine Verbesserung der Symptome (gut oder sehr gut) erreicht. Zum letzten Follow-up hatten nur noch 13 Fusionspatienten (76,5%) ein erfolgreiches Ergebnis. Diese Rate war um 20,9% geringer als nach einem Jahr. Acht Patienten (47,1%) wiesen beim Follow-up eine Verbesserung der Symptome auf.

Bei den WK-Ersatzpatienten wiesen nach zwölf Monaten 21 Patienten (91,3%) ein erfolgreiches Ergebnis auf. Davon zeigten 12 Patienten (52,1%) eine klinische Verbesserung der Symptome. Zum letzten Follow-up wiesen 12 WK-Ersatzpatienten (52,1%) ein erfolgreiches Outcome auf. Das war eine um 39,1% geringere Erfolgsrate als bei der Untersuchung nach einem Jahr. Bei 12 Patienten (52,1%) wurde eine Verbesserung des Outcome erreicht.

Nach 12 Monaten und auch beim letzten Follow-up ist somit das Outcome der Fusionsoperation besser als bei der WK-Ersatzoperation. Dieser Unterschied ist jedoch nicht statistisch signifikant. Die Ergebnisse des letzten Follow-up, bei dem nur noch 32 Patienten erschienen waren, sind zurückhaltend zu betrachten. Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass es sich um eine Negativauslese handelt.

In der Literatur über die mehrsegmentale Fusionsoperation liegt der operative Erfolg zwischen 66% und 98,5% und die Rate für eine Verbesserung der Symptome zwischen 58,3% und 84,0% (BOLESTA et al. 2000, HILIBRAND et al. 2002, WANG et al. 2000, WANG et al. 2001, YANG et al. 1987). Die Erfolgsquote für die WK-Ersatzoperation liegt in der Literatur zwischen 57,5% und 90,5% und die Rate für sehr gute oder gute Ergebnisse zwischen 48,6% und 93% (BERNARD und WHITECLOUD 1987, BURGER et al. 1996, ELERAKY et al. 1999, KAYNAR et al. 1999, KOJIMA et al. 1989, MACDONALD et al. 1997, NUI et al. 2000, SAUNDERS et al. 1991).

Mit einer eigenen Erfolgsquote von 97,4% bei der mehrsegmentalen Fusionsoperation und 91,3% bei der WK-Ersatzoperation nach 12 Monaten sind diese Ergebnisse im Vergleich zur Literatur relativ gut. Beim letzten Follow-up liegt die eigene Erfolgsquote der

Fusionsoperation mit 76,5% niedriger als in der Literatur und die Erfolgsquote der WK-Ersatzoperation ist mit 66,7% im Vergleich zur Literatur im unteren Bereich angesiedelt. Beim Vergleich mit der Literatur muss berücksichtigt werden, dass der Follow-up in den einzelnen Studien unterschiedlich lang ist. Bei WANG et al. (2000) liegt das Follow-up zwischen 12 und 72 Monaten, bei NUI et al. (2002) zwischen 24 und 90 Monaten und bei ELERAKY et al. (1999) zwischen sechs bis 48 Monaten. Bei dem eigenen Follow-up lag der Nachuntersuchungszeitraum bei durchschnittlich 32,4 Monaten. Im Laufe der Zeit ist zudem mit einem „natürlichen“ Progress der degenerativen HWS-Erkrankung zu rechnen. Dies kann entsprechende Auswirkungen auf den Outcome haben.

4.3.4 Radiologische Ergebnisse

Die Röntgenuntersuchungen zeigten nach drei Monaten bei allen Patienten eine unvollständige Durchbauung. Es wiesen bei der Fusionsoperation 30 Patienten (78,9%) und bei der WK-Ersatzoperation 17 Patienten (73,9%) eine beginnende Durchbauung (Stadium I) auf. Nach sechs Monaten hatten aus der gesamten Patientengruppe drei Patienten (4,9%) eine vollständige Durchbauung erreicht (Stadium III). Bei der Fusionsoperation war es ein Patient (2,6%) und bei der WK-Ersatzoperation waren es zwei Patienten (8,7%). Bei 32 Fusionspatienten (84,2%) und 16 WK-Ersatzpatienten (68,6%) war das Interponat in einem fortgeschritten Stadium durchbaut (Stadium II). Damit war der Anteil der Fusionspatienten mit einer fortgeschrittenen oder kompletten Durchbauung um 9,5% höher als bei den WK-Ersatzpatienten.

Die 1-Jahresuntersuchung ergab bei 53 Patienten (86,9%) eine vollständige Durchbauung der Segmente. Das waren 35 Fusionspatienten (92,1%) und 18 WK-Ersatzpatienten (78,3%). Zum letzten Follow-up hatten 31 Patienten (96,9%) eine solide Fusion der Bewegungssegmente erreicht. Das waren alle 17 Fusionspatienten (100%) und nur 14 WK-Ersatzpatienten (93,3%). Ein WK-Ersatzpatient wies eine Pseudarthrose auf.

Mit der Fusionsoperation war gegenüber der WK-Ersatzoperation eine schnellere Durchbauung zu verzeichnen. Zudem wurde mit der Fusionsoperation nach einem Jahr und beim Follow-up eine höhere Fusionsrate erreicht. Der zeitliche Vorsprung der Durchbauung und die Fusionsraten waren jedoch statistisch nicht signifikant unterschiedlich.

Die Rate für eine vollständige Fusion liegt in der Literatur über die Fusionsoperation zwischen 47% und 100% (BOLESTA et al. 2000, HILIBRAND et al. 2002, PAN et al. 2004, WANG et al. 2001, WANG et al. 2000, YANG et al. 1987). Bei der WK-

Ersatzoperation liegt die Fusionsrate zwischen 89% und 100% (BERNARD u. WHITECLOUD 1987, BURGER et al. 1996, ELERAKY et al. 1999, HILIBRAND et al. 2002, KAYNAR et al. 1999, KOJIMA et al. 1989, MACDONALD et al. 1997, NUI et al. 2000, ÖZGEN et al. 2004, RAJSHEKHAR et al. 2003, SAUNDERS et al. 1991, WANG et al. 2001). Im Vergleich hierzu sind die eigenen Fusionsraten nach einem Jahr bei der mehrsegmentalen Fusionsoperation mit 92,1% sehr gut und bei der WK-Ersatzoperation mit 78,3% im unteren Bereich anzuordnen.

Das Risiko einer Pseudarthrose bei der Fusionsoperation steigt mit Zunahme der implantierten Interponate, da hierbei mehr Knochenoberflächen heilen müssen. Das exzidieren der Bandscheiben erhöht die Instabilität im Bereich der Arthrodeuse zusätzlich. In der eigenen Studie waren nach einem Jahr drei Fusionspatienten (7,9%) von einer Pseudarthrose betroffen. Diese Patienten waren alle an zwei Segmenten operiert worden. Die vier Fusionspatienten, die an drei Höhen operiert worden waren, erreichten alle eine vollständige Durchbauung. Demnach war in der eigenen Studie über die Fusionsoperation kein Anstieg der Pseudarthroserate mit Zunahme der operierten Segmente zu verzeichnen. In den Studien über die mehrsegmentale Fusionsoperation, die EMERY et al. (1997) untersuchten, fand sich ein Anstieg der Pseudarthroserate um ca. 30%, wenn drei an Stelle von zwei Segmenten operiert wurden.

Durch das Einbringen einer Plattenosteosynthese läßt sich das Risiko für eine Pseudarthrose reduzieren. WANG et al. (2000) beobachteten bei ihren bisegmentalen Fusionsoperationen eine 100%-ige Fusion bei der Verwendung einer Plattenosteosynthese, während die Rate für eine Pseudarthrose 25% betrug, wenn keine Plattenosteosynthese verwendet worden war. Die Pseudarthroserate der eigenen Fusionspatienten, die mit einer Plattenosteosynthese operiert wurden, war ebenfalls geringer. Es hatte von den 18 Fusionspatienten, die mit einer Plattenosteosynthese behandelt wurden, nur ein Patient (5,6%) eine Pseudarthrose entwickelt. Hingegen zeigten von den 20 Fusionspatienten, die ohne eine Plattenosteosynthese operiert wurden, zwei Patienten (10,0%) eine Pseudarthrose. Dieses Ergebnis war statistisch nicht signifikant.

Die Studie von CONNOLLY et al. (1996) zeigte ebenfalls, dass bei Operationen bei denen zusätzliche eine Plattenosteosynthese verwendet wird, weniger häufig eine Pseudarthrose oder Interponatsinterung auftrat. Eine Interponatsinterung wurde in der eigenen Studie als „normal“ erachtet, da es sich bei der verwendeten Plattenosteosynthese um eine dynamische Stabilisierung handelte. Abgesehen von einer Interponatsinterung zeigte sich

bei sechs Fusionspatienten (15,8%) ein Einbruch des Interponates in den anschließenden Wirbelkörper.

Diese Komplikationen traten bei nur zwei Fusionspatienten (11,1%) auf, die mit einer Plattenosteosynthese fusioniert worden waren. Bei einem Patienten war dies mit einer Pseudarthrosebildung assoziiert und bei dem anderen Patienten kam es zu einer Radikulopathie, so dass eine Revision erfolgte. Bei den Patienten, die ohne eine Osteosyntheseplatte operiert worden waren, kam es bei vier Fusionspatienten (20%) zu einem Einbruch des Interponates. Auch wenn die Anzahl der Patienten für einen statistisch signifikanten Unterschied zu gering war, kann vermutet werden, dass sich das Risiko eines Interponateinbruches in einen anschließenden Wirbelkörper durch das Einbringen einer Plattenosteosynthese reduzieren läßt.

Die hohe Pseudarthroserate von 47% bei der drei- und viersegmentalen Fusionsoperation in der Studie von BOLESTA et al. (2000) wurde auf die hohe Anzahl der operierten Segmente bezogen. Desweiteren machte man strikte Fusionskriterien und die verwendete "Cervical Spine Locking Plate" hierfür verantwortlich. Die verwendete Osteosyntheseplatte wurde als nicht suffizient genug erachtet. Es erreichten PAN et al. (2004) eine 100%-ige Fusionsrate bei der Fusionsoperation über drei und vier Segmente. Sie verwendeten ausschließlich eine Osteosyntheseplatte. Eine genaue Bezeichnung dieser Platte war der Studie nicht zu entnehmen. In der Studie von BOHLMAN et al. (1993) mit 122 Patienten über die Fusionsoperation schienen das Alter und das Geschlecht der Patienten keinen Einfluss auf die Ausbildung einer Pseudarthrose zu haben.

Das Risiko für eine Pseudarthrose steigt bei der WK-Ersatzoperation wie auch bei der Fusionsoperation mit einer Zunahme der Operationsstrecke. In der eigenen Studie hatten fünf WK-Ersatzpatienten (21,7%) nach einem Jahr eine Pseudarthrose.

Dies betraf einen WK-Ersatzpatienten, dem vier Wirbelkörper (HWK 4+5+6+7) entfernt worden waren. Es wurde ein überdurchschnittlich langes Interponat (Fibula-Interponat) verwendet und das Operationsgebiet lag in dem HWS-Areal mit der größten mechanischen Beanspruchung. In der Literatur wurde mit ansteigender Zahl der resezierten Wirbelkörper eine Zunahme der Interponatdislokationen beobachtet. In der Studie von WANG et al. (2003) kam es bei zwei operierten Wirbelkörpern bei 5,3% der Patienten zu einer Interponat-dislokation. Die Rate stieg bei drei operierten Wirbelkörpern auf 9,9% an und erhöhte sich bei vier resezierten WK auf 16,7%. Auffällig war eine gehäufte Interponat-dislokation, wenn der siebte WK von der längerstreckigen Operation mit betroffen war.

In der eigenen Studie kam es bei nur einem WK-Ersatzpatienten zu einer Interponatdislokation. Diesem Patienten waren zwei Wirbelkörper operiert worden. Die Ursache der Dislokation war eine Reanimation, bei der es zu einer zu hohen mechanischen Belastung der HWS kam. Es mussten vier Revisionsoperationen durchgeführt werden und es entwickelte sich eine Pseudarthrose.

Bei dem dritten WK-Ersatzpatienten mit einer Pseudarthrose war nur ein WK entfernt worden. Nach sechs Monaten wurde ein Schraubenbruch festgestellt und die Osteosynthese musste gewechselt werden. Diese Befunde lassen vermuten, dass es aufgrund der hohen mechanischen Kräfte im Bereich der HWS zu dem Schraubenbruch, und verbunden mit einer ungenügenden Ruhigstellung, zu einer Pseudarthrose gekommen war. Dass die Entfernung einer frakturierten oder dislozierten Schraube von großer Bedeutung ist, zeigt auch die Studie von Burger et al. (1996) über die Korporektomie. Eine Schraubendislokation führte in ihrer Studie bei zwei Patienten zu einer Osteosyntheselockerung. Bei einem dieser Patienten kam es infolge der Schraubendislokation zu einer Perforation des Ösophagus mit nachfolgender Mediastinitis.

Es entwickelten zwei weitere WK-Ersatzpatienten eine Pseudarthrose. Hiervon hatte ein Patient bereits vor der Indexoperation, die wegen einer HWS-Instabilität erfolgte, eine Wirbelkörperfraktur erlitten. Der andere Patient mit der Pseudarthrose hatte eine bekannte Osteoporose und wies intraoperativ eine schwache Knochenqualität auf. Eine Voroperation sowie eine bestehende Osteoporose werden als Risikofaktoren für eine Pseudarthrose angesehen.

Es wurden osteophytäre Anbauten nach einem Jahr bei 15 Patienten diagnostiziert. Das betraf sechs Fusionspatienten (15,8%) und neun (39,1%) WK-Ersatzpatienten. Dieser Unterschied war zu Ungunsten der WK-Ersatzgruppe statistisch signifikant ($p=0,04$). Diese osteophytären Anbauten wurden nicht zu den Komplikationen gerechnet, da sich diese folgenlos adsorbieren können. In der Studie von YANG et al. (1987) über die Fusionsoperation dauerte es durchschnittlich 21 Monate bis sich osteophytäre Anbauten wieder absorbierten.

Die angestrebte Haltung der HWS ist eine harmonische HWS-Lordose. Nach einem Jahr bestand in der eigenen Studie bei 14 Fusionspatienten (37%) und 13 WK-Ersatzpatienten (56,5%) diese Haltung. Möglicherweise ist diese anatomische Haltung der HWS für den weiteren klinischen Verlauf von Vorteil. Um dies jedoch eindeutig zu beurteilen, sind weitere Studien erforderlich. Bei BOLESTA et al. (2000) über die Fusionsoperation

schielen die Osteosyntheseplatten einen positiven Einfluss auf die postoperative HWS-Lordose gehabt zu haben.

4.3.5 Komplikationen

Es kam zu 38 Komplikationen, diese traten bei 23 Patienten (36%) auf. Das waren bei der Fusionsoperation 11 Patienten (28,9%) und bei der WK-Ersatzoperation 12 Patienten (52,2%). Die Rate der betroffenen WK-Ersatzpatienten war damit 23,3% höher als bei den Fusionspatienten. Dieser Unterschied war jedoch nicht statistisch signifikant ($p=0,10$).

In der angegebenen Literatur liegt die Komplikationsrate der betroffenen Patienten bei der Fusionsoperation zwischen 6% und 82% (BOLESTA et al. 2000, HILIBRAND et al. 2002, PAN et al. 2004, WANG et al. 2001, WANG et al. 2000, YANG et al. 1987) und bei der WK-Ersatzoperation zwischen 5% und 75% (BERNARD u. WHITECLOUD 1987, HILIBRAND et al. 2002, KAYNAR et al. 1999, KOJIMA et al. 1989, MACDONALD et al. 1997). Damit schwanken die Komplikationsraten in den Studien erheblich. Die eigenen Komplikationsraten sind im Vergleich mit der Literatur im mittleren Bereich einzuordnen. Einige der bedeutsamen Komplikationen erforderten eine Revisionsoperation. Zu einer Revisionsoperation kam es bei fünf Fusionspatienten (13,2%) und bei drei WK-Ersatzpatienten (13,0%). Die prozentuale Rate einer Revisionsoperation war damit bei beiden Operationsmethoden annähernd gleich hoch.

Eine Komplikation, die bei der Fusionsoperation zu einer Revision führte, war ein Einbruch des Interponates in den benachbarten Wirbelkörper. Nach der Revision hatte dieser Patient ein gutes Outcome. Bei fünf anderen Fusionspatienten (13,2%) war ein Einbruch des Interponates in den benachbarten Wirbelkörper folgenlos geblieben.

Eine andere Komplikation, die bei der Fusionsoperation eine Revision nach sich zog, war eine Interponatfraktur (2,6%). Das frakturierte Interponat bestand aus einem Beckenkammspan. Der betroffene Patient hatte nach der Revision ein gutes Ergebnis. Als eine größere Komplikation bei der Fusionsoperation kam es zu einer Wirbelkörperfraktur (2,6%) im Bereich der operierten Höhe. Der Patient hatte nach der erforderlichen Revision nur ein mäßiges klinisches Outcome. Als noch schwerwiegender erwies sich eine Segmentinstabilität, die oberhalb der operierten Höhe auftrat und die eine Revision nach sich zog. Der Patient hatte am Ende ein schlechtes Outcome. Die folgenschwerste Komplikation bei der Fusionsoperation waren neurologische Ausfälle bei einem Patienten (2,6%). Der Patient musste zweimal revidiert werden. Am Ende hatte der Patient ein

schlechtes Outcome. Es ist davon auszugehen, dass diese Komplikation intraoperativ entstanden war. Die Ursache bleibt allerdings unklar.

Bei der WK-Ersatzoperation waren bei drei Patienten (13,0%) Revisionen erforderlich. Eine Segmentinstabilität oberhalb der operierten Höhe trat bei einem Patienten (4,3%) auf. Der Patient hatte nach der Revision auch nur ein mäßiges Outcome. Während es bei zwei WK-Ersatzpatienten (8,7%) zu einem Schraubenbruch kam, war nur bei einem Patienten (4,3%) eine Revision erforderlich, bei der die Plattenosteosynthese vollständig erneuert wurde. Das klinische Outcome dieses Patienten war nur mäßig. Dem anderen WK-Ersatzpatienten wurde lediglich die frakturierte Schraube in einer kleineren Operation entfernt. In der Studie von PAN et al. (2004) über die mehrsegmentale Fusionsoperation wurden 16 Patienten mit einer Osteosyntheseplatte stabilisiert. Zu Schraubenbrüchen und Plattendislokationen kam es in vier Fällen (25%).

Die folgenschwerste Komplikation bei der WK-Ersatzoperation war die Dislokation eines Beckenkamminterponates bei einem WK-Ersatzpatienten (4,3%), dem zwei Wirbelkörper entfernt worden waren. Hierzu kam es durch eine Reanimation bei einem intraoperativ aufgetretenen Myokardinfarkt. Nach der ersten Revision kam es dennoch zu einer progredienten klinischen Verschlechterung, so dass eine erneute Revision oberhalb der operierten Höhe erfolgte. Es kam zu einer Interponatinfektion. Die beiden weiteren Revisionen wurden zur Infektsanierung durchgeführt. Danach mussten noch zwei kleinere Eingriffe zur Beseitigung einer Fistel und ein dritter zur Beseitigung eines Abszesses erfolgen. Der Patient hatte schließlich nur ein schlechtes Outcome. Dieser Fall unterstreicht die Wichtigkeit des Risikoprofils bei der Indikationsstellung für die invasive WK-Ersatzoperation. In der Studie von HILIBRAND et al. (2002) kam es bei 10,2% der WK-Ersatzoperierten zu einer Interponatdislokation und nachfolgender Revisionsoperation. Hierbei wurden ebenfalls Interponate aus Beckenkamm verwendet. Die am meisten betroffenen Patienten hatten bereits vor dem Indexeingriff eine HWS-Operation erhalten. Bei BERNARD und WHITECLOUD (1987) über 21 Patienten, die mit einer Korporektomie operiert wurden, kam es bei nur bei einem Patienten (4,7%), dem drei Wirbelkörper reseziert worden waren, zu einer Interponatdislokation.

Es wurden verschiedene zugangsbedingte Komplikationen verzeichnet. Hierzu zählen die reversible und irreversible Recurrensparese, der intraoperative Liquorfluß, die Fistelbildung und die Nachblutung. Infolge des größeren operativen Zugangs bei der WK-Ersatzmethode wurde davon ausgegangen, dass bei dieser Methode auch mit mehr zugangsbedingten Komplikationen zu rechnen ist. Entsprechend kam es bei der

Fusionsoperation bei nur einem Fusionspatienten (2,6%) zu einer passageren Recurrensparese. Bei der WK-Ersatzoperation traten bei sechs WK-Ersatzpatienten (26,3%) zugangsbedingte Komplikationen auf. Dieser Unterschied war statistisch signifikant ($p=0,009$).

Diese zugangsbedingten Komplikationen erforderten bei drei WK-Ersatzpatienten (13,0%) kleinere Nachoperationen. In einem Fall wurde eine aufgetretene Fistel (4,3%) revidiert. In den beiden anderen Fällen musste die Operationswunde revidiert werden. Bei einem dieser Patienten wurde ein Weichteilabszess beseitigt und bei dem anderen Patienten musste eine Nachblutung (4,3%) gestoppt werden. Für die höhere Rate der zugangsbedingten Komplikationen bei der WK-Ersatzoperation kann die Invasivität der WK-Ersatzoperation verantwortlich gemacht werden.

Es wurden bei der Fusionsoperation unterschiedliche Interponate verwendet. Von den 18 Fusionspatienten, die mit einem Knochenspaninterponat versorgt wurden, hatten vier Patienten (22,2%) Komplikationen und von den 18 Fusionspatienten, denen ein Titaninterponat implantiert worden war, hatten sieben Patienten (38,9%) Komplikation. Die zwei Patienten, denen ein Palacosinterponat eingesetzt worden war, waren komplikationsfrei. Demnach bestand ein Unterschied zu Ungunsten des Titaninterponates. Dies spricht für den Einsatz des Knochenspaninterponates bei der Fusionsoperation. Von Nachteil bei der Verwendung eines Knochenspaninterponates sind die möglichen Komplikationen, die bei der Entnahme aus dem Beckenkamm auftreten. In der eigenen Studie kam es bei der WK-Ersatzoperation bei zwei Patienten (8,7%) zu einem Spina iliaca-Abriß nach der Knochenspanentnahme. BERNARD und WHITECLOUD (1987) untersuchten in der Literatur 1244 Fälle, in denen Beckenkamm als Interponat verwendet wurde. Hierbei lag die Komplikationsrate, die mit der Entnahme des Spanes aus dem Beckenkamm verbunden war, bei durchschnittlich 20%. Diese Komplikationen lassen sich durch andere Interponate vermeiden, bei denen nicht der Beckenkamm als Implantat verwendet wird.

In dieser Studie wurde untersucht, ob sich mit oder ohne die Implantation einer Osteosyntheseplatte die Komplikationsrate reduziert. Unter der Fusionsoperation traten bei den 18 Patienten, die mit einer Osteosyntheseplatte operiert wurden, bei fünf Patienten (27,8%) Komplikationen auf. Bei den 20 Fusionspatienten, denen keine Osteosyntheseplatte eingebaut worden war, kam es bei sechs Patienten (30,0%) zu Komplikationen. Dieser Unterschied war nicht statistisch signifikant.

Die WK-Ersatzoperation wurde im Hinblick der resezierten Wirbelkörper und der Komplikationsrate betrachtet. Von den 15 WK-Ersatzpatienten, denen nur ein Wirbel-

körper reseziert worden war, kam es bei acht Patienten (53,3%) zu Komplikationen. Bei den acht WK-Ersatzpatienten, denen zwei und mehr Wirbelkörper reseziert wurden, kam es bei vier Patienten (50,0%) zu Komplikationen. Die eigene Studie zeigte bei der WK-Ersatzoperation keinen Anstieg der Komplikationsrate mit zunehmender Anzahl der operierten Wirbelkörper. In der Literatur wird ein Anstieg der Komplikationsrate mit zunehmender Anzahl der resezierten WK beobachtet (MACDONALD et al. 1997). Das gilt für die WK-Ersatzoperation und auch für die Fusionsoperation. Mit der Zunahme der operierten Segmente und Implantate erhöhen sich der biomechanische Stress und das Risiko für Komplikationen. Nach intensiver Literaturrecherche über die Fusionsoperation fanden EMERY et al. (1997), dass die Pseudarthrose rate bei bisegmentalen Fusionsoperationen zwischen 10% und 20% liegt. Sie steigt bei trisegmentalen Fusionsoperationen auf eine Rate von 56%.

5. Zusammenfassung

Die vorliegende Dissertation vergleicht die klinischen und radiologischen Ergebnisse von 38 Patienten nach mehrsegmentaler interkorporeller Fusionsoperation mit 23 Patienten nach Wirbelkörperersatzoperation, die in den Jahren 1993 bis 1999 wegen einer mehrsegmentalen degenerativen Erkrankung der Halswirbelsäule operiert worden waren. Es erfolgten standardisierte klinische und radiologische Untersuchungen präoperativ, unmittelbar post-operativ, nach drei, sechs und zwölf Monaten. Die Hälfte der Patienten kam zu weiteren Kontrollen nach durchschnittlich 32,4 Monaten.

Das durchschnittliche Alter aller Patienten zum Zeitpunkt der Operation betrug 55,3 Jahre. Die Fusionspatienten, die an zwei Segmenten operiert wurden, waren im Durchschnitt 30,6 Minuten schneller operiert und damit in einer hochsignifikant kürzeren Zeit als die WK-Ersatzpatienten, denen ein Wirbelkörper entfernt worden war. Die stationäre Liegedauer war bei den Fusionspatienten durchschnittlich 1,7 Tage kürzer, jedoch statistisch nicht signifikant. Das mehrwöchige Tragen einer Halskrawatte war bei den WK-Ersatzpatienten deutlich häufiger vom Operateur empfohlen worden als bei den Fusionspatienten. Nach einem Jahr war bei den WK-Ersatzpatienten röntgenologisch häufiger eine harmonische Haltung der HWS festzustellen. Diese Gruppe zeigte auch eine signifikant höhere Rate an Osteophytenbildung, deren Konsequenzen aktuell noch nicht abgeschätzt werden können. Zu allen Untersuchungszeitpunkten wiesen die Fusionspatienten ein günstigeres klinisches Outcome auf als die WK-Ersatzpatienten. Dabei war für die Klassifizierung des klinischen

Befundes ein eigener Score entwickelt worden, der sämtliche möglichen Symptome einer degenerativen HWS-Erkrankung berücksichtigt. Die Fusionspatienten zeigten eine nicht signifikant schnellere knöcherne Durchbauung der Fusionsstrecke und eine höhere Durchbauungsrate im Vergleich zu den WK-Ersatzpatienten. Ein Zusammenhang zwischen dem Grad der Durchbauung und dem klinischen Outcome bestand bei beiden Operationsmethoden nicht.

Insgesamt traten bei 36,1% aller Patienten Komplikationen auf. Bei den Fusionspatienten war die Komplikationsrate mit 28,9% nicht signifikant niedriger als bei den WK-Ersatzpatienten mit 52,2%. Bei den Fusionspatienten zeigte sich in Bezug auf die Verwendung eines Implantates, dass ein Knochenspandübel eine signifikant geringere Komplikationsrate aufwies als ein Titaninterponat. Die Patienten, die mit einer Plattenosteosynthese zusätzlich stabilisiert worden waren, wiesen geringfügig weniger eine Komplikation auf.

Die in der vorliegenden Studie genannten Faktoren der kürzeren Operations- und Krankenhausverweildauer bei den Fusionspatienten, der schnelleren und vollständigeren knöchernen Durchbauung der Spondylodese, des besseren klinischen Outcomes sowie der geringeren Komplikationsraten machen die Vorzüge der Fusionsoperation gegenüber der WK-Ersatz-operation in der operativen Behandlung der mehrsegmentalen degenerativen Erkrankung der Halswirbelsäule deutlich. Trotzdem sollte auch zukünftig stets individuell und anhand der Ausdehnung der Pathologie das operative Regime festgelegt werden.

6. Summary

This thesis compares the clinical and radiological results of 38 patients following multisegmental interbody fusion surgery with 23 patients following vertebral body replacement surgery that were operated on from 1993 to 1999 because of a multisegmental degenerative disease of the cervical spine. Standardised clinical and radiological examinations were conducted preoperatively and immediately postoperatively after three, six and twelve months. Half of the patients were further examined after an average of 32.4 months.

The average age of all patients at the time of surgery was 55.3 years. The fusion patients who were operated on in two segments averaged an operation time which was 30.6 minutes faster and therefore represented a significantly shorter amount of time than the vertebral body replacement patients with the removal of a vertebral body. The inpatient

hospital stay was shorter among fusion patients by an average of 1.7 days though that was not statistically significant. Surgeons recommended wearing a cervical collar for several weeks significantly more frequently to vertebral body replacement patients than to fusion patients. After one year, the vertebral body replacement patients were found to have a radiographically harmonic posture of the cervical spine more frequently. This group also showed a significantly higher rate of osteophyte formation whose consequences cannot yet be assessed.

The fusion patients reported a more favourable clinical outcome than the vertebral body replacement patients at all points in time of examination. A separate score was developed for the classification of clinical findings which considered all possible symptoms of a degenerative cervical spine disease. The fusion patients showed insignificantly faster osseous knitting of the fusion section and a higher knitting rate compared to the vertebral body replacement patients. No correlation was detected between the degree of knitting and the clinical outcome in either surgical approach.

Overall, complications occurred in 36.1% of all patients. Among the fusion patients, the complication rate of 28.9% was not significantly lower than that of the vertebral body replacement patients at 52.2%. The fusion patients showed that a bone graft peg has a significantly lower complication rate than a titanium interponate concerning the use of an implant. Patients who were further stabilised using a plate osteosynthesis reported complications slightly less often.

The factors mentioned in the present study including the shorter surgical and hospital stays for the fusion patients the faster and more complete osseous knitting of spondylodesis, better clinical outcomes and lower complication rates clearly outline the benefits of fusion surgery compared to vertebral body replacement surgery in the surgical treatment of multisegmental degenerative disease of the cervical spine. Nevertheless, the operating regime should be determined prospectively and invariably on an individual basis with reference to the extent of pathology.

7. Anhang

Autor	Anzahl der Patienten (n)	OP-Verfahren	Interponat	Mittleres Alter bei OP (Jahre)	Follow-up (Jahre)	Anzahl der Höhen (n)	Score	Outcome beim letzten Follow-up	Komplikationsrate	Erfolgreiche Spodylodese
Eigene Studie	38	Mehrsegmentale Fusion	Beckenkamm, PMMA, Titan	54,4 (34-75)	2,7	2(34); 3(4)	eigener Score	11,8% sehr gut 35% gut 29,4% mäßig 23,5%; schlecht	47%	100%
Bolesta et al. (2000)	15	Mehrsegmentale Fusion	Beckenkamm	51 (33-77)	3,5 (2,1-6)	3(12); 4(3)	klinisch	Radikulopathie: 91,0% besser; Myelopathie: 100% besser; Schmerzen: 66,7% sehr gut oder gut	0,5 pro Patient	47%
Hilibrand et al. (2002)	131	Mehrsegmentale Fusion	Beckenkamm	53 (24-81)	6,1 (2-15,2)	2(98); 3(33)	Mod. n Robinson	84,0% excellent oder gut; 98,5% erfolgreich	0%	59%
Pan et al. (2004)	49	Mehrsegmentale Fusion	Beckenkamm	50 (26-78)	1,5 (1-2)	2(36); 3(11); 4(2)	keine Angabe	keine Angabe	82%	100%
Wang et al. (2001)	59	Mehrsegmentale Fusion	Beckenkamm	49,3	3,2 (2,3-7,8)	3(59)	Odom	61% sehr gut oder gut; 88% erfolgreich	27%	76%
Wang et al. (2000)	60	Mehrsegmentale Fusion	Beckenkamm	47,6 (25-90)	2,7 (1-6)	2(60)	Odom	80% excellent oder gut; 96,7% erfolgreich	12%	88%
Wang et al. (2001)	32	Mehrsegmentale Fusion	Beckenkamm	51,5 (17-80)	3,6 (2-7)	2(32)	Odom	41% sehr gut 47% gut 12% mäßig 0% schlecht	0%	100%
Yang et al. (1984)	214	Mehrsegmentale Fusion	Beckenkamm	50,1 (30-70)	1,3 (0,9-3)	1(39); 2(23); 3(135); 4(46); 5(7)	klinisch	58% excellent oder gut; 88% erfolgreich	6%	63%

Tab.18: Mehrsegmentale Fusion: Vergleich der eigenen Ergebnisse mit der Literatur

Autor	Anzahl der Patienten (n)	OP-Verfahren	Interponat	Mittleres Alter bei OP (Jahre)	Follow-up (Jahre)	Anzahl der Höhen (n)	Score	Outcome beim letzten Follow-up	Komplikationsrate	Erfolgreiche Spondylodese
Eigene Studie	23	WK-Ersatz	Beckenkamm	57,2 (43-79)	2,7	1(15); 2(7); 4(1)	Eigener Score	20,0% sehr gut 26,7% gut 20,0% mäßig 33,3% schlecht	78%	86%
Bernard et Whitecloud (1987)	21	WK-Ersatz	Fibula	Keine Angabe	2,7 (1-7,4)	2(4); 3(13); 4(4)	Nurick	72,2%* sehr gut oder gut; 90,5% erfolgreich	5%	100%
Burger et al. (1996)	17	WK-Ersatz	Beckenkamm	59 (41-80)	1,1	1(9); 1,5(2); 2(6)	Nurick u. klinisch	69-92% klinisch verbessert; 50% verbessert	71%	keine Angabe
Eleraky et al. (1999)	185	WK-Ersatz	Beckenkamm/ Fibula	48,2 (9-74)	3 (0,5-4)	1(87); 2(70); 3(28)	klinisch	86,5% verbessert	23%	99%
Hilibrand et al. (2002)	59	WK-Ersatz	Beckenkamm/ Fibula	58 (19-83)	4,7 (2-12,4)	1(16); 2(21); 3(20); 4(2)	Mod. n. Robinson	38,9% sehr gut 49,2% gut 10,2% mäßig 1,7% schlecht	10%	93%
Hughes et al. 2006	26	WK-Ersatz	Fibula	60 (34-90)	(1,8-8)	2(11); 3(15)	Nurick	durchschnittlich ein Grad besser	keine Angabe	*1.)
Kaynar et al. (1999)	25	WK-Ersatz	Beckenkamm	55,6 (40-64)	1,3 (0,6-2)	1(6); 2(10); 3(9);	Harsh Scale	76% verbessert	28%	Keine Angabe
Kojima et al. (1989)	45	WK-Ersatz	Beckenkamm	55 (35-75)	Post-OP	1(9); 2(19); 3(12); 4(3); 5(2)	Harsh Scale	58-74% verbessert	16%	100%
Macdonald et al. (1997)	36	WK-Ersatz	Fibula	58 (22-75)	1,7-2,6 (0-6,6)	2(11); 3(19); 4(6)	Nurick	48,6% verbessert 41,7% gleich	75%	100%
Nui et al. (2000)	23	WK-Ersatz	Fibula	44 (15-61)	2,8 (2-7,5)	1(19); 2(3); 3(1)	Nurick	96% erfolgreich 83% exellent oder gut	26%	87%
Özgen et al. (2004)	72	WK-Ersatz	Beckenkamm	48,1 (19-76)	2 (6-42)	1(48); 2(24)	klinisch	88-93% verbessert	21%	93%
Rajshkhar et al. (2003)	93	WK-Ersatz	Beckenkamm	65 (21-66)	1,8 (0,5-5,9)	1(30); 2(63)	Nurick	durchschnittlich von 2,9 (+/- 1,03) auf 1,5 (+/- 1,04)	keine Angabe	88%
Saunders et al. (1991)	40	WK-Ersatz	Bekenkamm/ Fibula	64	2-5	2(15); 3(22)	Nurick	58% erfolgreich	48%	3%
Wang et al. (2001)	20	WK-Ersatz	Beckenkamm	50,1 (17-80)	3,6 (2-7)	1(20)	Odom	45% sehr gut 40% gut 15% mäßig	5%	95%

Tab.19: WK-Ersatz: Vergleich der eigenen Ergebnisse mit der Literatur

*1.) In diese Studie wurden nur Patienten mit vollständiger Fusion aufgenommen.

8. Literaturverzeichnis

Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften (2008) Zervikale spondylotische Myelopathie in Leitlinien für Diagnostik und Therapie in der Neurologie. 4. überarbeitete Auflage, ISBN 978-3-13-132414-6, Georg Thieme Verlag, Stuttgart

Abel R, Gerner HJ, Mariß G (1998) Beschreibung der bildgebenden Verfahren: 1-18 In: Abel R, Gerner HJ, Mariß G (eds) (1998) Wirbelsäule und Rückenmark. Blackwell Wissenschafts-Verlag, Berlin-Wien

Abraham DJ, Herkowitz HN (1998) Indications and trends in use in cervical spinal fusions. Orthop Clin North Am 29: 731-744

Aminoff MJ, Davis SL, Panitch HS (1984) Serial evoked potential studies in patients with definite multiple sclerosis. Arch Neurol 41: 1197-1202

Arnold H, Feldmann U, Missler U (1993) Chronic spondylogenic cervical myelopathy. A critical evaluation of surgical treatment after early and long-term follow-up. Neurosurg Rev 16: 105-109

Bailey RW, Badgley CE (1960) Stabilization of the cervical spine by anterior fusion. J Bone Joint Surg 42-A: 565-594

Baron EM, Young WF (2007) Cervical spondylotic myelopathy: A brief review of its pathophysiology, clinical course and diagnosis. Neurosurgery 60: 35-41

Beck DW (1991) Cervical spondylosis. Clinical findings and treatment. Contemp Neurosurg 23: 1-6

Bednarik J, Kadanka Z, Vohanka S (1999) The value of somatosensory- and motor-evoked potentials in predicting and monitoring the effect of therapy in spondylotic cervical myelopathy. Spine 24: 1593-1598

Bernard TN, Whitecloud TS (1987) Cervical spondylotic myelopathy and myeloradiculopathy: Anterior decompression and stabilisation with autogenous fibular strut graft. Clin Orthop 221: 149-160

Bertalanffy H, Eggert WR (1988) Clinical long-term results of anterior disectomy without fusion for treatment of cervical radiculopathy and myelopathy. Acta Neurochir (Wien) 90: 127-135

Bohlman HH, Emery SE (1988) The pathophysiology of cervical spondylosis and myelopathy. Spine 13: 843-846

Boijesen E (1954) Cervical spinal canal in intraspinal expansive processes. Acta Radiol 42: 101

Boni M, Cherubino P, Denaro V, Benazzo F (1984) Multiple subtotal somatectomy. Technique and evaluation of a series of 39 cases. Spine 9: 358-362

Bradshaw P (1957) Some aspects of cervical spondylosis. Q J Med 26(102): 177-207

Brain WR, Northfield D, Wilkinson M (1952) The neurological manifestations of cervical spondylosis. Brain 75: 187-225

Brodke DS, Zdeblick TA (1992) Modified Smith-Robinson procedure for anterior cervical disectomy and fusion Spine 17(10): 427-430

Brown JA, Havel P, Ebraheim N, Greenblatt SH, Jackson WT (1988) Cervical stabilisation by plate and bone fusion. Spine 13(3): 236-240

Bücheler E, Lackner KJ, Thelen M (2006) Einführung in die Radiologie: Diagnostik und Intervention. 11 Auflage, Georg Thieme Verlag, Stuttgart- New York

Burger R, Tonn JC, Vince GH, Hofmann E, Reiners K, Roosen K (1996) Median corporectomy in cervical spondylotic multisegmental stenosis. Zentralbl Neurochir 57: 62-69

Burrows EH (1963) The sagittal diameter of the spinal canal in the cervical spondylosis. Clin Radiol 14: 77-86

Cauthen JC, Kinard RE, Vogler JB, Jackson DE, De Paz OB, Hunter OL, Wasserburger LB, Williams VM (1998) Outcome analysis of noninstrumented anterior cervical discectomy and interbody fusion in 348 patients. Spine 23: 188-192

Chiles BW, Leonard MA, Choudhri HF, Cooper PR (1999) Cervical spondylotic myelopathy: Patterns of neurological deficit and recovery after anterior cervical decompression. Neurosurgery 44: 762-770

Clarke E, Robinson PK (1956) Cervical myelopathy: A complication of cervical spondylosis. Brain 79: 483-510

Cloward RB (1958) The anterior approach for the removal of ruptured cervical disks. J Neurosurg 15: 602-617

Daentzer D, Asamoto S, Böker DK (2005) HAC-titanium as an implant for interbody fusion in spinal canal stenosis of the cervical spine. Six-year clinical trial. Orthopäde 34: 234-240

Daentzer D, Deinsberger W, Böker D-K (2003) Vertebral artery complications in anterior approaches to the cervical spine. Report of two cases and review of literature. Surg Neurol 59: 300-309

Dorai Z, Morgan H, Coimbra C (2003) Titanium cage reconstruction after cervical corpectomy. J Neurosurg Spine 1: 3-7

Dvořák J (1999) Röntgendiagnostik und invasive Diagnostik: 81-116 In: Dvořák J, Grob A Halswirbelsäule: Diagnostik und Therapie. Thieme Verlag, Stuttgart-New York

Eleraky MA, Llanos C, Sonntag VK (1999) Cervical corpectomy: report of 185 cases and review of literature. J Neurosurg Spine 90: 35-41

Emery SE, Bohlman HH, Bolesta M, Jones PK (1998) Anterior cervical decompression and arthrodesis for the treatment of cervical spondylotic myelopathy. *J Bone Joint Surg* 80-A(7): 941-951

Emery SE, Fisher JR, Bohlman HH (1997) Three-level anterior cervical discectomy and fusion: Radiographic and clinical results. *Spine* 22: 2622-2625

Emery SE, Smith MD, Bohlmann HH (1991) Upper airway obstruction after multilevel cervical corpectomy for myelopathy *J Bone Joint Surg* 73-A(4): 544-551

Fehlings MG, Skaf G (1998) A review of the pathophysiology of cervical spondylotic myelopathy with insights for potential novel mechanisms drawn from traumatic spinal cord injury. *Spine* 23: 2730-2737

Ferguson RJ, Caplan LR (1985) Cervical spondylotic myelopathy. *Neurol Clin* 3(2): 373-382

Frykholm R (1951) Cervical nerve root compression resulting from disc degeneration and root sleeve fibrosis. *Acta Chir Scand* 160: 1-149

Goffin J, Van Calenberg F, Van Loon J, Casey A, Kehr P, Liebig K, Lind B, Logroscino C, Sgrambiglia R, Pointillart V (2003) Intermediate follow-up after treatment of degenerative disc disease with the bryan cervical disc prosthesis: Single-level and bi-level. *Spine* 28(24): 2673-2678

Golash A, Birchall D, Laitt RD, Jackson A (2001) Significance of CSF area measurement in cervical spondylotic myelopathy. *Br J Neurosurg* 15: 17-21

Greenberg MS (1997) *Handbook of Neurosurgery*. Vol 2, Georg Thieme Verlag, Stuttgart-New York

Grumme T, Kolodziejczyk D (1994) *Komplikationen in der Neurochirurgie*. Vol 1. Wirbelsäulen-, Schmerz- und Nerven Chirurgie. Blackwell Wissenschafts-Verlag, Berlin

Herkowitz HN (1988) A comparison of anterior cervical fusion, cervical laminectomy, and cervical laminoplasty for the surgical management of multiple level spondylotic radiculopathy. Spine 13: 774-780

Heidecke V, Rainov NG, Marx T, Burkert W (2000) Outcome in Cloward anterior fusion for degenerative cervical spinal disease. Acta Neurochir (Wien) 142(3): 283-291

Hilibrand AS, Fye MA, Emery SE, Palumbo MA, Bohlmann HH (2002) Increased rate of arthrodesis with strut grafting after multilevel anterior cervical decompression. Spine 27: 146-151

Howe J, Frymoyer JW (1985) The effects of questionnaire design on the determination of end results in lumbar spinal surgery. Spine 10: 804-805

Huber H, Winter E (2005) Checkliste Schmerztherapie. Georg Thieme Verlag, Stuttgart-New York

Hughes JT, Brownell B (1966) Spinal cord ischemia due to arteriosclerosis. Arch Neurol 15: 189-202

International Association for the Study of Pain (2007) Global year against pain in wom. Im Internet unter: http://www.iasp-pain.org/AM/Template.cfm?Section= Fact_Sheets & Template = /CM/ContentDisplay.cfm&ContentID=4503. Recherche am 09.12.2009

Japanese Orthopaedic Association (1976) Criteria on the evaluation of the treatment of cervical myelopathy. J Jpn Orthop Assoc 50. Addenda 5 (in japanese)

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

Junghanns J (1954) Das Bewegungssegment und seine praktische Bedeutung. Arch Orthop Putti: 104

Kanchiku T, Taguchi T, Kaneko K, Fuchigami Y, Yonemura H, Kawai S (2001) A correlation between magnetic resonance imaging and electrophysiological findings in cervical spondylotic myelopathy. *Spine* 26: 294-299

Karen J. Berkley, Steven S. Zalcman, Viviana R. Simon (2006) Sex and gender differences in pain and inflammation: a rapidly maturing field. *Am J Physiol Regulatory Integrative Comp Physiol* 291: 241-244

Kaynar MY, Erdinçler P, Kafadar A, Hanci M, Özyurt E, Sarioğlu AC (1999) Treatment of cervical spondylosis by anterior subtotal vertebrectomy and iliac bone fusion. *Turk J Med Sci* 29: 567-572

Key CA (1838) On paraplegia depending on the ligaments of the spine. *Guys Hosp Rep* 3: 17-34

Kimura I, Oh-Hama M, Shingu H (1984) Cervical myelopathy treated by canal-expansive laminoplasty. Computed tomographic and myelographic findings. *J Bone Joint Surg* 66-A: 914-920

Kojima T, Waga S, Kubo Y, Kanamaru K, Shimosaka S, Shimizu T (1989) Anterior cervical vertebrectomy and interbody fusion for multilevel spondylosis and ossification of the posterior longitudinal ligament. *Neurosurgery* 24: 864-872

Krämer J: (2006) Bandscheibenbedingte Erkrankungen. Ursachen, Diagnose, Behandlung, Vorbeugung, Begutachtung. 5. Auflage, Georg Thieme Verlag, Stuttgart-New York

Krupp W, Schattke H, Mücke R (1990) Clinical results of the foraminotomy as described by Frykholm for the treatment of lateral cervical disc herniation. *Acta Neurochir (Wien)* 107: 22-29

Kumar VGR, Rea GL, Mervis LJ, McGregor JM (1999) Cervical spondylotic myelopathy: Functional and radiographic long-term outcome after laminectomy and posterior fusion. *Neurosurgery* 44: 771-778

LaRocca H (1988) Cervical spondylotic myelopathy: Natural history. Spine 13: 854-855

Lees F, Turner JWA (1963) Natural history and prognosis of cervical spondylosis. Brit Med J 2: 1607-1610

Leitlinien der Deutschen Gesellschaft für Neurologie 2008: Zervikale Radikulopathie. Im Internet unter: http://www.dgn.org/images/stories/dgn/leitlinien/LL2008/ll08kap_078.pdf, Recherche am 24.2.2011

MacDonald RL, Fehlings MG, Tator CH, Lozano A, Fleming JR, Gentili F, Bernstein M, Wallace MC, Tasker RR (1997) Multilevel anterior cervical corpectomy and fibular allograft fusion for cervical myelopathy. J Neurosurg 86: 990-997

Meyer F, Börm W, Thomé C (2008) Die degenerative zervikale Spinalkanalstenose: Aktuelle Strategien in Diagnostik und Therapie. Dtsch Ärztebl 105(29): 366-72

Mixter WJ, Barr JS (1934) Rupture of intervertebral disc with involvement of spinal canal. N Engl J Med 211(5): 210-215

Morio Y, Teshima R, Nagashima H, Nawata K, Yamasaki D, Nanjo Y (2001) Correlation between operative outcomes of cervical compression myelopathy and MRI of the spinal cord. Spine 26(11): 1238-1245

Mumenthaler M (1957) Cervicale Spondylose und cervicale Discushernien. Springer, Wien 5(2-5): 552-604

Nurick S (1972) The pathogenesis of the spinal cord disorder associated with cervical spondylosis. Brain 95: 87-100

Odom GL, Finney W, Woodhall B (1958) Cervical disk lesions. JAMA 166: 23-28

Ogino H, Tada K, Okada K, Yonenobu K, Yamamoto T, Ono K, Namik H (1983) Canal diameter, anteroposterior compression ratio, and spondylotic myelopathy of the cervical spine. Spine 8: 1-15

Parke WW (1988) Correlative anatomy of cervical spondylotic myelopathy. *Spine* 13: 831-837

Peet MM, Echols DH (1934) Herniation of the nucleus pulposus: a cause of compression of the spinal cord. *Arch Neurol Psychiatry* 32: 924-932

Pernecky G, Böck FW, Neuhold A, Stiskal M (1992) Diagnosis of cervical disc disease. MRI versus cervical myelography. *Acta Neurochir (Wien)* 116: 44-48

Pfeifer BA, Freidberg SR, Jewel ER (1994) Repair of injured vertebral artery in anterior cervical procedures. *Spine* 19: 1471-1474

Prolo DJ, Oklund SA, Butcher M (1986) Toward uniformity in evaluation results of lumbar spine operations. A paradigm applied to posterior lumbar interbody fusions. *Spine* 11: 601-606

Rajshekhhar V, Arunkumar MJ, Kumar SS (2003) Changes in cervical spine curvature after uninstrumented one- and two-level corpectomy on patients with spondylotic myelopathy. *Neurosurgery* 52: 799-805

Robinson RA, Smith GW (1955) Anterolateral cervical disc removal and interbody fusion for cervical disc syndrome. *Bull Johns Hopkins Hosp* 96: 223-224

Roosen K, Grote W (1980) Late results of operative treatment of cervical myelopathy. *Adv Neurosurg* 8: 69-77

Roosen K, Grote W (1981) Neurologische und radiologische Langzeitergebnisse nach ventraler Spondylodese mit Polymethylmethacrylat bei zervikalen Bandscheibenerkrankungen. *Z Orthop* 119: 731-734

Saunders RL, Bernini PM, Shirreffs TG, Reeves AG (1991) Central corpectomy for cervical spondylotic myelopathy: A consecutive series with long-term follow-up evaluation. *J Neurosurg* 74: 163-170

Schmidt MH, Quinones-Hinojosa A, Rosenberg WS (2002) Cervical myelopathy associated with degenerative spine disease and ossification of the posterior longitudinal ligament. *Semin Neurol* 22(2): 143-148

Schnur S, Clar HE (1993) Der zervikale Bandscheibenprolaps. *Fortschr Med* 111: 289-293

Sevki K, Mehmet T, Ufuk T, Azmi H, Mercan S, Erkal B (2004) Results of surgical treatment for degenerative cervical myelopathy. *Spine* 29: 2493-2500

Shafaie FF, Wippold FJ, Gado M, Pilgram TK, Riew KD (1999) Comparison of computed tomography myelography and magnetic resonance imaging in the evaluation of cervical spondylotic myelopathy and radiculopathy. *Spine* 24: 1781-1785

Smith GW, Robinson RA (1958) The treatment of certain cervical spine disorders by anterior removal of the intervertebral disc and interbody fusion. *J Bone Joint Surg* 40-A: 607-623

Spillane JD, Llyod GH (1952) The diagnosis of lesions of the spinal cord in association with osteoarthritic disease of the cervical spine. *Brain* 75: 177-186

Stookey B (1928) Compression of the spinal cord due to ventral extradural cervical chondromas. *Arch Neurol Psychiatry* 20: 275-280

Tsuji H (1982) Laminoplasty for patients with compressive myelopathy due to so-called spinal canal stenosis in cervical and thoracic regions. *Spine* 7: 28-34

Vaccaro AR, Madigan L (2002) Spinal applications of bioabsorbable implants. *Orthopedics* 25(10): 1115-1120

Voskuhl RR, Hinton RC (1990) Sensory impairment in the hands secondary to spondylotic compression of the cervical spinal cord. *Arch Neurol* 47: 309-311

Wang JC, McDonough PW, Endow KK, Delamarter R (2001) Increased fusion rates with cervical plating for three-level anterior discectomy and fusion. *Spine* 26: 643-646

Wang JC, McDonough PW, Endow KK, Delamarter R (2000) Increased fusion rates with cervical plating for two-level anterior cervical discectomy and fusion. *Spine* 24: 41-45

Wang MY, Green BA (2003) Laminoplasty for the treatment of failed anterior cervical spine surgery. *Neurosurg Focus* 15(3): E7

White AA, Panjabi S, Panjabi MM (1988) Biomechanical considerations in the surgical management of cervical spondylotic myelopathy. *Spine* 13: 856-860

Yang KC, Lu XS, Cai QL, Ye LX, Lu WQ (1987) Cervical spondylotic myelopathy treated by anterior multilevel decompression and fusion. Follow-up report of 214 cases. *Clin Orthop* 221: 161-164

Yonenobu K, Fuji T, Ono K, Okada K, Yamamoto T, Harada N (1985) Choice of surgical treatment for multisegmental cervical spondylotic myelopathy. *Spine* 10: 710-716

Yu YL, Jones SJ (1985) Somatosensory evoked potentials in cervical spondylosis. Correlation of median, ulnar and posterior tibial nerve responses with clinical and radiological findings. *Brain* 108: 273-300

9. Erklärung zur Doktorarbeit

„Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig und ohne unzulässige Hilfe oder Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe. Alle Textstellen, die wörtlich oder sinngemäß aus veröffentlichten oder nichtveröffentlichten Schriften entnommen sind, und alle Angaben, die auf mündlichen Auskünften beruhen, sind als solche kenntlich gemacht. Bei den von mir durchgeführten und in der Dissertation erwähnten Untersuchungen habe ich die Grundsätze guter wissenschaftlicher Praxis, wie sie in der „Satzung der Justus-Liebig-Universität Gießen zur Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis“ niedergelegt sind, eingehalten sowie ethische, datenschutzrechtliche und tierschutzrechtliche Grundsätze befolgt. Ich versichere, dass Dritte von mir weder unmittelbar noch mittelbar geldwerte Leistungen für Arbeiten erhalten haben, die im Zusammenhang mit dem Inhalt der vorgelegten Dissertation stehen, oder habe diese nachstehend spezifiziert. Die vorgelegte Arbeit wurde weder im Inland noch im Ausland in gleicher oder ähnlicher Form einer anderen Prüfungsbehörde zum Zweck einer Promotion oder eines anderen Prüfungsverfahrens vorgelegt. Alles aus anderen Quellen und von anderen Personen übernommene Material, das in der Arbeit verwendet wurde oder auf das direkt Bezug genommen wird, wurde als solches kenntlich gemacht. Insbesondere wurden alle Personen genannt, die direkt und indirekt an der Entstehung der vorliegenden Arbeit beteiligt waren. Mit der Überprüfung meiner Arbeit durch eine Plagiatserkennungssoftware bzw. ein internetbasiertes Softwareprogramm erkläre ich mich einverstanden.“

Ort, Datum

Unterschrift

10. Danksagung

Zuerst möchte ich Herrn Prof. Dr. med. Wolfgang Deinsberger für die Bereitstellung des Themas und der freundlichen Unterstützung danken.

Ein ganz besonderer Dank gilt Frau Dr. med. Dorothea Daentzer. Durch ihre liebevolle Betreuung, geduldigen Beratung und der kritischen Durchsicht der Manuskripte wurde die Durchführung der Promotion erst möglich.

Auch den Mitarbeitern der Neurochirurgischen und Neuroradiologischen Abteilungen des Universitätsklinikums Gießen und Marburg GmbH bin ich zu Dank verpflichtet.

Ein großes „Dankeschön“ geht an meine Schwester Annika-Marie und meine Mutter Renate für das wiederholte Korrekturlesen, die Aufmunterungen und konstruktive Kritik. Ich danke Barbara Krejcikova, die mich in der entscheidenden Phase motiviert und unterstützt hat.

Meinen Eltern möchte ich Danken, da sie mir das Studium der Medizin ermöglichten und mir während der Anfertigung dieser Arbeit viel Verständnis entgegenbrachten.