

Aus der Klinik für Neurochirurgie
des Unfallkrankenhauses Berlin

DISSERTATION

Krankheitsverlauf nach ventraler Spondylodese der Halswirbelsäule

zur Erlangung des akademischen Grades
Doctor medicinae dentariae (Dr. med. dent.)

vorgelegt der Medizinischen Fakultät
Charité - Universitätsmedizin Berlin

von

Holger Menz

aus Berlin

Gutachter: 1. Prof. Dr. med. U. Meier
2. Prof. Dr. med. L. Harms
3. Prof. Dr. med. J. Kiwit

Datum der Promotion: 07.12.2007

Inhaltsverzeichnis	3
1. Zielstellung	5
2. Einleitung	6
3. Degenerative Erkrankungen der Halswirbelsäule – Pathophysiologie	8
4. Klinische Symptomatik und Diagnostik	13
4.1. Klinische Symptomatik	13
4.1.1. Zervikale Radikulopathie	13
4.1.2. Zervikale Myelopathie	14
4.2. Diagnostik	15
4.2.1. Anamnese und klinische Diagnostik	15
4.2.2. Aparative Diagnostik	16
5. Therapieverfahren	18
5.1. Konservative Therapie	18
5.2. Operative Therapie	19
5.2.1. Dorsale Verfahren	21
5.2.2. Ventrale Verfahren	22
6. Material und Methodik	27
6.1. Patientenkollektiv	27
6.2. Operationsmethode	29
6.3. Auswahl der Untersuchungskriterien	30
6.4. Statistik	33
7. Ergebnisse	34
7.1. Behandlungsergebnisse nach Geschlecht	34
7.2. Behandlungsergebnisse nach Altersgruppen	37
7.3. Behandlungsergebnisse für mono - und bisegmentale Operationen	39
7.4. Behandlungsergebnisse nach HWK - Segment	40
7.5. Behandlungsergebnisse und Sinterungsverhalten	42

8. Diskussion	44
8.1. Indizes zur Beurteilung des Outcomes nach erfolgter Halswirbelsäulenoperation	44
8.2. Behandlungsergebnisse versus Geschlecht	48
8.3. Behandlungsergebnisse und Lebensalter	51
8.4. Krankheitsverläufe bei mono – und bisegmentaler Operation	55
8.5. Outcome nach Halswirbelsäulenabschnitten	58
8.6. Behandlungsergebnisse und Sinterung	64
9. Zusammenfassung	73
10. Literaturverzeichnis	75
11. Danksagung	92
12. Lebenslauf	93
13. Erklärung	94

1. Zielstellung

Die ventrale Diskektomie und Fusion oder ventrale Spondylodese hat sich zu einem neurochirurgischen Routineneingriff in der Therapie degenerativer Bandscheibenerkrankungen der Halswirbelsäule seit seiner Einführung und Etablierung in den 50er Jahren des vergangenen Jahrhunderts durch SMITH und ROBINSON (129) sowie CLOWARD (20) entwickelt. Die umfangreichen klinischen Erfahrungen aus den millionenfach durchgeführten Operationen ließen sie zu einer bevorzugten und bewährten sowie Erfolg versprechenden Operationsmethode werden.

Die vorliegende Arbeit soll einen Beitrag zur Bewertung der ventralen Spondylodese als operatives Therapiemittel in der Behandlung von degenerativen Bandscheibenerkrankungen der Halswirbelsäule leisten. Zu diesem Zweck wurden Patienten mit solchen Erkrankungen hinsichtlich verschiedener Einflussfaktoren und deren Auswirkung auf das Operationsergebnis 1 Jahr post operationem nachuntersucht. In Auswertung der Krankheitsverläufe möchten wir Prädiktoren für den Behandlungserfolg dieser operativen Therapie formulieren und deren Gültigkeit überprüfen, da die Kenntnis der Prädiktoren eine sorgfältige Indikationsstellung und Planung der Operation erleichtert. Uns interessieren die Rolle von Alter und Geschlecht als Einflussgrößen auf das operative Ergebnis. Des Weiteren soll die Bedeutung der Anzahl der operierten Segmente, mono - oder bisegmental durchgeführte Operation, sowie deren Höhenlokalisierung in der Halswirbelsäule, unterer oder mittlerer Abschnitt, für den Krankheits - bzw. Heilungsverlauf verifiziert werden. Ebenso gehen wir der Frage nach, ob und in welchem Maße, eventuell auftretende Sinterungen des intervertebralen Cages in die benachbarten Wirbelkörper das postoperative Ergebnis beeinflussen. Zur Evaluierung der Ergebnisse wurden unsere Erkenntnisse mit Angaben anderer Autoren in der medizinischen Literatur verglichen.

2. Einleitung

Degenerative Prozesse im menschlichen Organismus, deren gesundheitliche Folgen und ihre Therapie stellen, trotz Fortschritte der Medizin, ein großes gesellschaftliches Problem dar. Die Halswirbelsäule ist, anatomisch bedingt, davon in besonderem Maße betroffen. Infolge schon früh einsetzender Bandscheibendegeneration kommt es zu reaktiven und kompensatorischen Veränderungen an den angrenzenden Wirbelkörpern. Erlangen diese Prozesse einen pathologischen Stellenwert, können sich daraus lokale Schmerzzustände, bei Irritation nervaler Strukturen, Radikulopathien und Myelopathien entwickeln. Die Therapie erfolgt zunächst konservativ, das heißt medikamentös und physiotherapeutisch. Bei Versagen der konservativen Therapie und/oder bei Progredienz der Beschwerden mit neurologischen Defiziten ist die chirurgische Therapie Mittel der Wahl.

Demographisch bedingt, nimmt die Zahl der degenerativen Erkrankungen der Halswirbelsäule zu. Nach Statistiken der Krankenkassen und Rentenversicherungsanstalten der Bundesrepublik Deutschland erfolgen 20% aller Arbeitsausfälle und 50% der vorzeitig gestellten Rentenanträge auf Grund von bandscheibenbedingten Erkrankungen (81). Die zervikale Myelopathie wird in Deutschland, ähnlich der Situation in den Vereinigten Staaten, als die häufigste Wirbelsäulenerkrankung der über 55 jährigen angenommen (144). Die zervikalen Bandscheibenerkrankungen stellen etwa ein Drittel aller bandscheibenbedingten Beschwerden dar. Mit einem Häufigkeitsgipfel zwischen dem 40. und dem 50. Lebensjahr betrifft das Zervikalsyndrom deutlich mehr Frauen (ca. 60%) als Männer. Verstärkt hat sich das mit der zunehmenden Lebenserwartung verbundene gehäufte Auftreten der schweren zervikalen spondylogenen Myelopathie bei älteren Patienten. Es ist davon auszugehen, dass jenseits des 70. Lebensjahres nahezu 95 - 100% aller Menschen mehr oder weniger stark ausgeprägte spondylotische Veränderungen an der Halswirbelsäule haben (81).

Mit der Zunahme der Häufigkeit des Auftretens degenerativer Erkrankungen der Halswirbelsäule kommt der chirurgischen Therapie dieser Erkrankungen immer mehr Bedeutung zu.

KAST et al. (72) ermittelten die Häufigkeit der im Zeitraum 1993 - 1996 in Deutschland durchgeführten Operationen infolge degenerativer Wirbelsäulenerkrankungen mit etwa

60.000 pro Jahr, wovon 49.000 Eingriffe operativ behandelte intervertebrale Diskopathien darstellen. SCHIRMER (122) schätzt die Anzahl der Operationen infolge degenerativer Halswirbelerkrankungen auf Vier - bis Achttausend pro Jahr in Deutschland. 2002 veröffentlichten SCHRÖDER und WASSMANN (124) die Ergebnisse einer in Deutschland im Auftrag der Deutschen Gesellschaft für Neurochirurgie erfolgten Umfrage. In den 100 daran teilnehmenden neurochirurgischen Kliniken werden demnach jährlich 8608 ventrale Diskektomien und Fusionen durchgeführt. In der neurochirurgischen Klinik des Unfallkrankenhauses Berlin wurden von September 1997 bis Januar 2005, das entspricht dem Zeitraum dieser Untersuchung, 368 Patienten mit degenerativen Erkrankungen der Halswirbelsäule mittels ventraler Spondylodese operativ behandelt. Für die USA ermittelten ANGEVINE et al. (03) über einen Zeitraum von 10 Jahren (1990 - 1999) 1,1 Millionen Krankenhausaufnahmen wegen degenerativer Halswirbelsäulenerkrankungen. 710.000 mal (68,6%) wurde operiert. Von den 710.000 Operationen wurden 170.000 Operationen (23,5%) als Diskektomien klassifiziert, bei 540.000 Operationen (76,4%) handelte es sich um ventrale Diskektomien mit Fusion.

3. Degenerative Erkrankungen der Wirbelsäule - Pathophysiologie

Erkrankungen der Wirbelsäule sind seit vielen Jahrhunderten Gegenstand wissenschaftlicher Betrachtungen. Vesalius beschrieb nach HENDERSON et al. (56) als Erster im Jahre 1555 die Anatomie der menschlichen Bandscheibe. Die durch Degeneration der Wirbelsäule hervorgerufenen klinischen Beschwerden sind seit Jahrhunderten bekannt. Die pathophysiologischen Zusammenhänge wurden erst Anfang des 20. Jahrhunderts erkannt und gehen auf die Veröffentlichung von MIXTER und BARR (99) aus dem Jahr 1934 zurück.

Die ersten Beschreibungen der degenerativen Veränderung der Wirbelsäule stammen nach VERBIEST (139) schon aus dem 19. Jahrhundert. ROWLAND (116) sowie BARASSO und KEGGI (08) berichten, dass erste Eingriffe an der Halswirbelsäule (Laminectomien) schon 1892 durch Victor Horsay auf Grund von degenerativen Veränderungen durchgeführt wurden. Die Klassifikation zervikaler degenerativer Erkrankungen geht jedoch auf einen kurzen Zeitraum zurück und nahm Anfang der 50er Jahre des vorigen Jahrhunderts, nachdem eine diskogene Ursache für degenerative Erkrankungen der Halswirbelsäule allgemein anerkannt wurde, seinen Aufschwung und führte zur Entwicklung der Grundlagen der modernen Halswirbelsäulen Chirurgie durch BAILEY - BADGLEY (07), SMITH und ROBINSON (129), CLOWARD (20), BRAIN et al. (15) oder auch ODOM (103).

Unter den degenerativen Halswirbelsäulenerkrankungen verstehen wir die im Laufe des Lebens durch Degeneration und Instabilität der Halswirbelsäulensegmente und damit verbundenen kompensatorischen Mechanismen entstandenen Erkrankungen, die chronisch progredient verlaufen und sowohl in Symptomatik und Verlauf erheblich variieren.

Eine Abgrenzung der degenerativen Veränderungen zu den traumatisch verursachten Erkrankungen der Halswirbelsäule als auch zu Tumoren und Entzündungen (z.B. Tuberculose) ist notwendig. Die operative Behandlung dieser Erkrankungen ist zwar ähnlich der degenerativ verursachten Erkrankung, die Prognosebestimmung und der weitere Verlauf hängen aber maßgeblich von der Grunderkrankung ab und unterliegen somit anderen Einflussfaktoren (141).

Mit der Alterung der Bandscheibe reduziert sich, durch ein vermindertes Wasserbindungsvermögen bedingt, der Wassergehalt im Nucleus pulposus. Die daraus

resultierende veränderte mechanische Belastbarkeit kann zur Rissbildung im Anulus fibrosus führen. Diese Stelle ist als Locus minorii für einen Bandscheibenprolaps prädestiniert. Hierbei wirken im Bereich der Halswirbelsäule die ab dem 10. Lebensjahr auftretenden, nicht degenerativ bedingten, Luschka'schen Spalten zusätzlich prolapsbegünstigend. Flexion und Extension der Wirbelsäule im physiologischen Rahmen, insbesondere bei Haltungskonstanz, führen zu einer verstärkten Belastung des Anulus fibrosus. Infolge dessen kann es an der Rissstelle des Anulus fibrosus zum Austritt von Bandscheibengewebe, dem Nucleus pulposus - Prolaps kommen. Nach Lokalisation unterscheidet man zwischen lateralem und medialem Prolaps.

Mit Fortschreiten der degenerativen Prozesse der Bandscheibe kommt es zur Höhenabnahme des Discus und damit des Intervertebralraumes, verbunden mit der Entwicklung einer pathologischen Beweglichkeit des Wirbelsegmentes und der daraus folgenden Instabilität und Stenosen. GOFFIN (37) definiert eine schwere Diskus - Degeneration ab einem Höhenverlust um den Betrag von mehr als der Hälfte der ursprünglichen Diskushöhe.

Die erhöhten Belastungen, die bei reduzierter Pufferwirkung der Bandscheibe an den Wirbelkörperendplatten auftreten, bewirken kompensatorisch Sklerosierung und knöcherner Reaktion in Form der Entstehung von Osteophyten, der Osteochondrose. Diese knöchernen Veränderungen entwickeln sich bevorzugt im Bereich der Procc. uncinati, da hier schon physiologisch durch das Uncovertebralgelenk ein enger Kontakt der Wirbelkörper besteht. Mechanisch betrachtet, ist dieser Prozess mit einer „Autofusion“ zur Kompensation der segmentalen Instabilität zu vergleichen (142). Als eine weitere Folge der veränderten Belastungsverhältnisse sind Hypertrophien der Bänder und Arthrosen der kleinen Wirbelgelenke möglich. Erreichen diese physiologisch - kompensatorischen aber auch degenerativen Mechanismen einen pathologischen Stellenwert, können durch sie lokale Schmerzzustände und Instabilitäten verursacht werden. Ebenfalls können durch Irritation nervaler Strukturen das klinische Bild einer Radikulopathie, einer Myelopathie oder einer gemischten Symptomatik entstehen. Der Zeitpunkt, an dem die beschriebenen degenerativen Veränderungen mit einer Einengung der Foramina intervertebralia sowie des knöchernen Spinalkanals im Sinne eines Aufbrauchens der vorhandenen Reserveräume zu neurologischen Symptomen führen, ist individuell höchst unterschiedlich (47). Der entscheidende Faktor hierbei scheint die angeborene Weite

des Spinalkanals zu sein, da bei einem Großteil der Patienten mit zervikaler spondylgener Myelopathie bereits eine angeborene relative Stenose vorliegt (105).

EL - MALLAKH et al. (23) betrachten spondylotische Veränderungen als Resultat wiederholten Stresses in Form von Mikrotraumen und intensiver Wirbelsäulenbelastung, beispielsweise durch berufliche Exposition auf die Bewegungssegmente. BARASSO und KEGGI (08) sehen die fortschreitende Degeneration der Bandscheibe als Ursache der Spondylose mit daraus folgender zervikaler Myelopathie. Durch die räumliche Nähe von Wirbelkörper, Bandscheibe, Spinalkanal und Foramen intervertebrale können diese knöchernen Veränderungen bei ausreichender Größe, entsprechender Lokalisation oder bei Bestehen anderer stenosierender Prozesse, Rückenmark und Nervenwurzel bedrängen. So führen schon Segmentbewegungen in normalem Ausmaß durch unphysiologische Einengung des Foramen intervertebrale zu chronischen Reizungen der Nervenwurzel. Osteochondrotische Prozesse an der Wirbelkörperrückwand führen hingegen zur Einengung des Myelons. Ein lateral lokalisierter Vorfall hat eher eine Kompression der Nervenwurzel im Foramen intervertebrale zur Folge.

1952 unterschieden BRAIN et al. (15) in eine Nucleus – pulposus - Herniation, bei der eine bestimmte Menge von weichem Bandscheibenmaterial aus dem Anulus fibrosus heraussequestriert oder in eine harte anuläre Vorwölbung, die mit begleitenden Osteophyten und der vollständiger Degeneration der Bandscheibe verbunden ist.

ODOM (103) unterschied nach einer 1958 durchgeführten Untersuchung von 246 operierten Patienten infolge zervikaler Diskopathie in weiche Bandscheibenvorfälle „Softdisk“ oder in harte Bandscheibenvorfälle „Harddisk“. Die degenerativen Veränderungen der Bandscheibe begünstigen auch, insbesondere durch die Abnahme der intervertebralen Distanz, degenerative Vorgänge an den Zwischenwirbelgelenken (Spondylarthrose). Hier führen veränderte Druckbelastungen über eine Inkongruenz der korrespondierenden Gelenkflächen ebenfalls zu osteophytären Anbauten (25).

Als schwerste Folge degenerativer Veränderungen der Halswirbelsäule wird die zervikale Myelopathie angesehen. Sie wird von vielen Autoren getrennt von der zervikalen Radikulopathie betrachtet, weil sie sich sowohl im Verlauf als auch in der Behandlung von ihr unterscheidet. Die Entstehung der zervikalen Myelopathie bzw. degenerativer Veränderungen im Bereich der Halswirbelsäule stellt ein multifaktorielles Geschehen dar, wobei insbesondere anlagebedingte (anatomische), kompressive (mechanische) als auch vaskuläre Einflüsse bei der Entstehung dieser Erkrankung zusammenwirken (141). RICHTER et al. (113) weisen darauf hin, dass die Entwicklung

einer zervikalen Spinalstenose durch die konstitutionelle idiopathische entwicklungsbedingte Stenose prädisponiert ist und die erworbenen auslösenden Faktoren ihren Ausgang bei der Bandscheibendegeneration mit nachfolgender Verschleißveränderung der Halswirbelsäule haben. Dabei kommt es insbesondere durch dorsale spondylotische Randkantenausziehungen zur Einengung des Spinalkanals. VERBIEST (139) beobachtete bei Patienten mit zervikaler Myelopathie eine mechanische Einengung des Spinalkanals und der Gefäße durch Deformitäten und abnorme Beweglichkeiten der Halswirbelsäule.

WHITE und PANJABI (143) beschreiben mechanische Faktoren, die die Entstehung der zervikalen Myelopathie verursachen und unterscheiden diese in statische und dynamische. Zu den statischen Faktoren zählen demnach die congenitale Spinalkanalstenose (< 13 mm anterioposteriorer Durchmesser), die Diskushernien, Osteophytenformationen an den Wirbelkörpern, die degenerative Osteophytose der Uncovertebral - und Facettengelenke sowie Hypertrophien des Ligamentum flavum und des hinteren Längsbandes. Eine abnormale Krafteinwirkung auf Halswirbelsäule und Myelon während Flexion und Extension physiologischen Ausmaßes, wie zum Beispiel eine wiederholte Kompression des Rückenmarkes durch eine Osteophytenblock bei normaler Flexion und Extension wirkt als dynamischer Faktor.

Auch KELLER et al. (74) sehen die Ursachen der degenerativen Erkrankung in Veränderungen des Myelons durch Kompression und Flexion der Halswirbelsäule. Dadurch kommt es zu einer Mikrotraumatisierung neuronaler Strukturen. Neben diesen mechanischen Faktoren scheinen auch vaskuläre Veränderungen und Minderdurchblutungen verantwortlich zu sein. Zeitweilig findet man apoplektiform verlaufende Krankheitsbilder mit nachträglicher Erholung. Ischämien resultieren demnach durch drei Mechanismen, durch die direkte Kompression großer Gefäße, zum Beispiel der Art. spinalis ant., durch einen permanent verminderten Blutfluss im pialen Plexus und in den kleinen das Rückenmark versorgenden Arterien und durch eine Beeinträchtigung des venösen Rückflusses mit entsprechender Stauung (28, 42, 126, 139).

Die Trias von Mikrotraumen, engem Spinalkanal und vaskulären Faktoren als Ursache der zervikalen Myelopathie wird von LESION (87) beschrieben. Auch EBERSOLD et al. (22) sehen im Zusammenwirken von kompressiven, anatomischen und vaskulären Faktoren die Ursachen für die Entstehung der zervikalen Myelopathie. Als Raritäten können auch Missbildungen der Halswirbelsäule, zum Beispiel eine Anomalie des 2.

Halswirbelkörpers, beschrieben von CHOZIK et al. (19), zu einer progredienten zervikalen Myelopathie führen.

KUBOTA et al. (83) erkennen die Ursache der zervikalen Myelopathie in einer Verkalkung des Ligamentum flavum. In Japan wird die Ossifikation des hinteren Längsbandes der Halswirbelsäule als Hauptursache für die Entstehung einer Myelopathie oder Radikulopathie beschrieben (48).

4. Klinische Symptomatik und Diagnostik

4.1. Klinische Symptomatik

Die klinische Symptomatik der degenerativen Erkrankungen der Halswirbelsäule gestaltet sich sehr variabel. Die Vielfältigkeit der Symptomatik liegt in der Varianz der betroffenen eng beieinander liegenden anatomischen Strukturen begründet (13) und ist ebenso Ausdruck des komplexen Zusammenwirkens von mechanischen und vaskulären Faktoren. Durch die Kompression von Myelon und Nervenwurzel kommt es zur direkten Schädigung dieser Gewebe und damit zur Beeinträchtigung der neuronalen Funktionen. Hierdurch werden die motorischen und sensiblen Symptome sowie der Schmerz verursacht.

VERBIEST (139) erfasste die psychischen Veränderungen, die mit degenerativen Erkrankungen der Halswirbelsäule einhergehen. In dem von ihm untersuchten Patientenkollekt hatten 70% der Patienten mentale, emotionale oder Verhaltensstörungen, zumindest jedoch pathologische Reaktionsmuster. Bei 50% der Patienten ließen sich psychosomatische Komponenten nachweisen. Es handelte sich dabei um Schlafstörungen, Appetitsverlust, Aufmerksamkeits-, Konzentrations- und Gedächtnisstörungen, häufig auch Hypochondrie, Dysphorie und Depressionen. Je nachdem welche anatomische Struktur, Nervenwurzel oder Rückenmark, betroffen sind, zeigen sich die Krankheitsbilder der zervikalen Radikulopathie, der zervikalen Myelopathie oder der zervikalen Radikolomyelopathie.

4.1.1. Zervikale Radikulopathie

Die zervikale Radikulopathie zeigt typischerweise lokale und ausstrahlende Symptome, die Brachialgien, sowie segmentale neurologische Symptome. Die lokale Symptomatik äußert sich in Nacken - Schulterschmerzen mit möglicher Ausstrahlung zum Hinterkopf (Zervikozephalgie). Durch Bewegung der Wirbelsäule kann dieser Schmerz ausgelöst oder verschlimmert werden, wobei die Beweglichkeit der Wirbelsäule eingeschränkt ist. Charakteristisch zeigt sich eine verspannte Schulter – Nacken - Muskulatur mit druckschmerzhaften Bereichen und Steilhaltung des Halses.

Die Zervikobrachialgie ist vom ausstrahlenden Schmerz in den Arm gekennzeichnet, der häufig durch Extension der Halswirbelsäule exazerbiert. Am häufigsten sind die Brachialgien, ausgehend von C6 und C7, gefolgt von C8 und C5, vorhanden. Mit zunehmender Wurzelkompression stellen sich neurologische Symptome wie Paresthesien, Reflexausfälle, Sensibilitätsstörung (Hypalgesie, Hypästhesie) und Lähmungserscheinungen, entsprechend dem betroffenen Segment, ein. Die Symptomatik kann akut wie auch chronisch vorhanden sein (122).

BLAND und BOUSHEY (13) beschreiben den Schmerz als im Vordergrund stehendes Symptom und vertreten die Ansicht, dass eine Zuordnung der Befunde zu bestimmten Dermatomen an der Halswirbelsäule genauer als an der Lendenwirbelsäule möglich ist. Die Entstehung des Schmerzes in der Lendenwirbelsäule unterscheidet sich durch die erhebliche Beeinflussung des Geschehens durch sympathisch innerviertes Nervengewebe, welches an der Halswirbelsäule erst ab Segment C7/Th1 vorhanden ist. GORE et al. (38) vertreten ebenfalls die Meinung, dass die Ausbreitung der Schmerzen auf bestimmte Dermatome ein wichtiger Hinweis bei der Höhenlokalisierung darstellt, jedoch das Schmerzempfinden der Patienten ein sehr subjektives Symptom ist, welches mit keinem objektiven Parameter korreliert. Auch VERBIEST (139) bestätigte die Beobachtung, dass der Schmerz im Vordergrund der Symptomatik steht. Dabei verursachen der mediale Prolapsus selten einen chronischen, sondern vielmehr einen akuten Schmerz, wohingegen ein lateraler Vorfall häufig für Schulter – Arm - Syndrome, auch ohne eindeutige Zuweisung zu einem bestimmten Dermatome, verantwortlich ist.

4.1.2. Zervikale Myelopathie

Das klinische Bild der zervikalen Myelopathie ist sehr variabel und entspricht den Symptomen einer Rückenmarksschädigung mit meist schleichendem Beginn. BRAIN et al. (15) berichtet von Anamnesen von 1 Woche bis zu 26 Jahren. Neurologisch finden sich häufig Zeichen einer Schädigung der zu den Beinen führenden Anteile der Pyramidenbahn mit spastischer Tonuserhöhung und einem breitbasigen, unsicheren Gangbild, wohingegen Störungen der Blasen - und Mastdarmfunktion eher gering ausgeprägt sind und von etwa der Hälfte der Patienten beklagt werden. Als Ausdruck einer zervikalen Wurzelschädigung bestehen Atrophien und Paresen der Handmuskeln

mit Störung der Feinmotorik. Radikuläre Schmerzsyndrome finden sich bei ca. 30% der Betroffenen (11).

GORTER (39) ermittelte nach Untersuchung von 1076 Patienten mit zervikaler spondylotischer Myelopathie feine Gangstörungen als häufigstes Symptom. Anfänglich findet man eine spastische Gangstörung, gefolgt von zeitweise auftretender Gefühllosigkeit der oberen Extremitäten und motorischen Verlusten der Hände. Diese Symptomatik ist auch in der Untersuchung von LUNSFORT et al. (91) dargestellt.

4.2. Diagnostik

4.2.1. Anamnese und klinische Diagnostik

Die Diagnostik degenerativer Erkrankungen der Halswirbelsäule ist nach wie vor mit Schwierigkeiten verbunden. Die Ursachen liegen in der multifaktoriellen Genese und dem individuellen Verlauf dieser Erkrankungsgruppe (98).

Sie basiert auch heute, in Zeiten moderner apparativer Diagnoseverfahren, auf der Erkenntnis, dass umschriebene neurologische Befunde eindeutige Hinweise auf das betroffene Halswirbelsäulensegment geben. 1957 stellte YOSS (149) den Zusammenhang zwischen klinischen Symptomen und dem betroffenen Wirbelsäulensegment her. Demnach waren Sensibilitätsstörungen und lokalisierte Muskelschwächen die verlässlichsten Zeichen, um die Läsion der verursachenden Nervenwurzel zuordnen zu können. Eine reduzierte Reflexaktivität der oberen Extremitäten und umschriebene Schmerzen wiesen ebenfalls auf die Lokalisation der Pathologie. So konnte mit Hilfe der neurologischen Untersuchung in 87 von 100 Fällen die richtige Segmenthöhe diagnostiziert werden. SEICHI et al. (125) veröffentlichten 2006 die Ergebnisse einer an 106 Patienten durchgeführten Vergleichsuntersuchung zwischen neurologischer und radiologischer Diagnostik zur Festlegung des erkrankten Segmentes bei zervikaler Myelopathie. Sie ermittelten, dass die Genauigkeit der neurologischen Diagnostik bei durchschnittlich 70% liegt und dabei die Segmentbestimmung auf Basis der sensorischen gestörten Areale mit 87% die höchste Genauigkeit aufwies.

Die klinisch neurologische Untersuchung beinhaltet die Begutachtung der Form, Klopfschmerzhaftigkeit und Bewegungseinschränkung der Wirbelsäule, durch

Kopfbewegung provozierbare radikuläre Reizsymptome, Nervendehnungszeichen, Lithermitte - Zeichen, Paresen der Kennmuskeln, sensible Störungen, Algesie und Reflexabschwächung, Inspektion der Haut und Ganganalyse. Zur nichtaparativen Diagnostik zählt auch eine ausführliche Anamnese. Anamnestisch ermittelt man den zeitlichen Verlauf, die Schmerzsymptomatik, vorangegangene Erkrankungen, Unfälle oder Operationen als auch festgestellte funktionelle Beeinträchtigungen wie z.B. Miktionsstörungen.

Aufgrund der ähnlichen Symptomatik bietet die Differentialdiagnose degenerativer Erkrankungen zu neurologischen Systemerkrankungen und Liquorabflussstörungen Probleme. Insbesondere beim Verdacht des Vorliegens einer zervikalen Myelopathie sind neurophysiologische Zusatzuntersuchungen für eine Abgrenzung sinnvoll (98).

4.2.2. Aparative Diagnostik

Die aparative Diagnostik ergänzt und präzisiert die klinische Diagnostik und ist insbesondere für die Indikationsstellung der Operation und ihrer Verlaufskontrolle unverzichtbar. Hier sind die konventionelle Röntgenaufnahme, die Myelographie und die modernen Schnittbildverfahren zu nennen. Auch die Röntgendiagnostik führt nicht immer zu einer eindeutigen Diagnose. So müssen röntgenologisch dargestellte degenerative Veränderungen nicht mit einer klinischen Symptomatik einhergehen und umgekehrt kann eine ausgeprägte Symptomatik ohne adäquaten Röntgenbefund vorhanden sein.

Die Kernspintomografie (MRT) stellt heute die Methode der Wahl dar und ermöglicht insbesondere in T2 - gewichteten Aufnahmen bei sagittaler Schnittführung durch die gute Darstellung des Subarachnoidalraumes eine orientierende Darstellung der spondylotischen Randzacken, der Höhe eines Bandscheibenvorfalles und der Kompression des Halsmarkes. In der axialen Schnittführung erlaubt sie eine gute Beurteilung des Myelons, des Bandscheibengewebes und der Nervenwurzeln, jedoch werden knöcherne Veränderungen und die Weite der Neuroforamina geometrisch nicht exakt wiedergegeben. Hier ist die Magnetresonanztomografie der Computertomografie unterlegen. Unerlässlich und am Beginn jeglicher Diagnostik stehen Röntgen – Nativ - Aufnahmen der Halswirbelsäule im seitlichen sowie im anteroposterioren Strahlengang, die einen Überblick über das Ausmaß der degenerativen Veränderungen einschließlich

möglicher Zeichen einer Instabilität liefern. Die entscheidenden Informationen können dem seitlichen Bild entnommen werden, in dem die Anzahl der betroffenen Segmente, mögliche Höhenminderungen der Intervertebrälräume und das Ausmaß der osteophytären Anbauten im Verhältnis zur angeborenen Weite des Spinalkanals ablesbar sind. Schrägaufnahmen ermöglichen zusätzlich eine Abschätzung der Weite der Foramina intervertebralia. Funktionsaufnahmen der Halswirbelsäule in Ante - und Retroflexion können eine zusätzliche Instabilität in einem Bewegungssegment aufdecken (47).

Ergänzend zur Bildgebung eignen sich verschiedene elektrophysiologische Methoden zur Differentialdiagnostik, zur Höhenlokalisierung und zur Verlaufsbeobachtung nach operativer Behandlung. Während bei radikulären Beschwerden das Elektromyogramm (EMG) der entsprechenden Kennmuskeln und eingeschränkt auch die somatosensibel evozierten Potentiale (SEP) der betroffenen Dermatome von entscheidender Bedeutung in der Höhenlokalisierung sind, liefern im Falle myelopatischer Syndrome die mehrkanalig abgeleiteten SEP des Nervus medianus sowie des Nervus tibialis und insbesondere die Magnetstimulation (motorisch evozierte Potentiale) wichtige Informationen (47).

Die umfassende Diagnostik wird schließlich durch die Ermittlung der Basislaborwerte mit Entzündungsparametern sowie der Blutserologie vervollständigt.

5. Therapieverfahren

Der Verlauf und die Prognose der degenerativen Halswirbelsäulenerkrankungen sind schwer zu bestimmen. Dadurch gestaltet sich die Therapieplanung ebenfalls schwierig und muss unter der kritischen Berücksichtigung der Faktoren, wie Alter, klinische Symptomatik, Vorhandensein und Progredienz neurologischer Symptome und in Auswertung der bildgebenden und anderer apparativer Diagnostik erfolgen.

Von entscheidender Bedeutung ist die Beantwortung der Frage: Kann die konservative Therapie zum Erfolg führen oder muss ein operativer Eingriff erfolgen?

5.1. Konservative Therapie

Die konservative Therapie degenerativer Halswirbelsäulenerkrankungen ist fester Bestandteil des Behandlungsspektrums dieser Erkrankungen. Vielen Patienten kann so eine Operation erspart und die Beschwerden über eine lange Zeit gelindert werden. GROB (41) beschreibt Erfolgsquoten von 70 - 80% der Fälle.

Die konservative Therapie im akuten Stadium beinhaltet Ruhigstellung, vorsichtige Traktion und Medikation mit Analgetika und Antiphlogistika, vorwiegend aus der Gruppe der nichtsteroidalen Antirheumatika sowie mit muskulären Relaxantien. Zu den physikalischen Maßnahmen, die auch begleitend zu einer operativen Behandlung eingesetzt werden, gehören Wärmeanwendungen, das zeitlich begrenzte Tragen einer Zervikalstütze und Physiotherapie (Physiotherapie nach Vojta). Diese Therapiemethoden und zusätzlich Massage verschaffen auch im chronischen Stadium Linderung. Die konservative Therapie erreicht einerseits medikamentös bedingt Schmerzlinderung und Abschwellen der komprimierten Nervenwurzel, andererseits wird dadurch dem Organismus die Möglichkeit gegeben, langfristig durch reparative Prozesse die Symptomatik zu verringern. So kann es durch Abnahme des Wassergehaltes im prolabierte Bandscheibengewebe zu einer Verminderung der Kompression auf das Nervengewebe und damit zur Verbesserung des Beschwerdebildes kommen. BARASSO und KEGGI (08) vertreten die Meinung, dass die meisten Patienten mit Beschwerden im Bereich der Halswirbelsäule gut auf eine konservative Behandlung ansprechen und nur für wenige Fälle mit ausgeprägter Symptomatik oder stetiger Progredienz der Beschwerden eine operative Behandlung in

Frage kommt. In diesem Sinne äußern sich auch PERSSON et al. (111). Sie stellten fest, dass im Vergleich von chirurgischer Therapie (Cloward), Physiotherapie und Tragen eines Halskragens bei radikulären Schmerzen nach einem Jahr keine Unterschiede der Krankheitsverläufe feststellbar waren. KADANKA et al. (68) kamen in einer prospektiven 2 - Jahres Studie zu folgendem Ergebnis: Sie finden im Vergleich von konservativer und operativer Therapie nach konservativer Behandlung bei Patienten mit moderater und gering progredienter spondylogener zervikaler Myelopathie gleich gute Ergebnisse und stellen folglich die Indikation zur Operation nur für schwere und progressive Formen der spondylogenen zervikalen Myelopathie. LESION et al. (87) betrachteten die konservative Therapie kritischer. Bei myelären oder radikulären Symptomen degenerativ verursachter Erkrankungen der Halswirbelsäule empfehlen sie zunächst das konservative Vorgehen, stellen aber fest, dass bei ausschließlich konservativer Behandlung in 65% der Fälle im weiteren Verlauf eine neurologische Verschlechterung eintritt, wohingegen es nach einer operativen Therapie durchschnittlich nur in 10% der Fälle zu neurologischen Verschlechterungen kommt. SAMPATH et al. (119,120) verglichen in prospektiven Studien das Outcome nach medikamentöser oder chirurgischer Therapie bei zervikaler Myelopathie und zervikaler Radikulopathie. Sie kamen dabei zu folgendem Ergebnis: Die Patienten, die sich einer chirurgischen Therapie unterzogen, schienen ein besseres Outcome aufzuweisen, obwohl deren neurologischen und nichtneurologischen Symptome sowie funktionellen Beeinträchtigungen vor der Therapie deutlicher waren als die der medikamentös behandelten Patienten.

5.2. Operative Therapie

Die Indikation zur chirurgischen Therapie der degenerativen Halswirbelsäulenerkrankungen sollte erst nach Ausschöpfen aller konservativen Behandlungsmaßnahmen, bei Bestehen von neurologischen Defiziten, insbesondere von Paresen oder einer Kompression des Myelons sowie bei einer Blasen - Mastdarmentleerungsstörung gestellt werden. Nach GROB (40) wird die Indikation zum operativen Vorgehen von der Trias Schmerz, pathologischen neurologischen Befunden und Lokalisierbarkeit der pathologischen Veränderung im bildgebenden Verfahren bestimmt. GROTE et al. (43) wiesen ebenfalls 1970 darauf hin, dass die Indikation zur

operativen Versorgung degenerativer Erkrankung der Halswirbelsäule auf Basis der Trias von subjektiven Beschwerden, klinischem Befund und bildgebenden Verfahren zu erfolgen hat. Zahlreiche Autoren, unter anderem HANKINSON und WILSON (52), FUKUI et al. (35), LESION et al. (87), MATSUNAGA et al. (95), BARASSO und KEGGI (08) sowie TROJAN et al. (131) betonen, dass vor einem operativen Eingriff bei allen Patienten der Versuch einer konservativen Therapie unternommen werden sollte. Die Beantwortung der Fragen, wann eine operative Therapie angezeigt ist und welche Operationsmethode für die jeweilige Krankheitssituation die besten Erfolgschancen bietet, ist für das Behandlungsergebnis von entscheidender Bedeutung (44).

Alle Operationsverfahren zur Behandlung degenerativer Erkrankungen der Halswirbelsäule zielen auf die Dekompression der bedrängten neurologischen Strukturen, das heißt einer oder mehrerer Spinalnervenwurzeln und/oder des Myelons. Dabei sollen die Stabilität und die Ausrichtung der Wirbelsäule erhalten bleiben. Es existieren verschiedene Möglichkeiten des operativen Zugangs zur Halswirbelsäule. Es kommen grundsätzlich der anteriore und posteriore Zugang in Frage, wobei heute dem ventralen Verfahren über einen halben Kocher - Schnitt die größte Bedeutung zukommt. Des Weiteren werden der posterolaterale Zugang mit anschließender Foraminotomie und der dorsale Zugang in der Mittellinie für Laminektomien bzw. laminoplastischen Operationen verwendet. Zu den Raritäten zählen der transdurale Zugang, den FOX et al. (30) empfehlen, als auch der transorale Zugang zum kraniozervikalen Übergang, der von KLÖCKNER et al. (77) beschrieben wird.

Die Wahl des geeigneten operativen Zugangs zur Halswirbelsäule wird auch heute noch kontrovers in der wissenschaftlichen Literatur diskutiert. CLOWARD (20) favorisierte den ventralen Zugang, weil die meisten kompressiven Kräfte, die radikuläre Symptome auslösen, ventral lokalisiert sind. KUBO et al. (82) beschreiben zwei Zugangswege zur Halswirbelsäule, die jeweils ihre eigene Indikationsbreite haben. Während man im ventralen Zugang die Nerven unter direkter Sicht dekomprimieren kann, eignet sich der posterolaterale Zugang vorwiegend für laterale Bandscheibenvorfälle und für multisegmentale Dekompressionen. Andere Autoren verwenden den posterolateralen Zugang mit der nachfolgenden Foraminotomie nach Frykholm (32) bei lateralen und intraforaminalen Bandscheibenvorfällen und die ventrale Operationstechnik bei vorwiegend in der Mittellinie gelegenen Prozessen und Zeichen einer zervikalen Myelopathie. Einige Kollegen operieren nur von dorsal und wieder andere sehen als entscheidenden Punkt die individuelle Erfahrung des

Operateurs mit dem einen oder andere Zugang als Schlüssel zum Erfolg. MEIER und KEMMESIS (98) vertreten die Meinung, dass die gewählte Operationsmethode von der klinischen Symptomatik, den radiologischen Befunden und den operativen Erfahrungen des behandelnden Arztes abhängt. Nach KORINTH et al. (79) spielen die Symptomatik und die der Pathologie zu Grunde liegende Morphologie die entscheidende Rolle bei der Entscheidung für den einen oder anderen operativen Zugang. Bei ihnen lautet die Kernfrage in der anhaltenden Diskussion zu Behandlungstechnik und Zugangsweg in der Therapie degenerativer Erkrankungen der Halswirbelsäule: Welche ist die ideale Operationstechnik für „hard“ oder „soft discs“ oder für die Kombination aus beiden?

5.2.1. Dorsale Verfahren

Vor der Entwicklung der ventralen Operationstechniken stellten die Operationen über den dorsalen Zugang das Mittel der Wahl zur chirurgischen Behandlung degenerativer Halswirbelsäulenerkrankungen dar. SPURLING und SCOVILLE (130) berichteten 1944 über eine erfolgreiche Entfernung der Halswirbelbandscheibe mittels Laminektomie. Die hintere Dekompression kann entweder als Laminektomie oder als Laminoplastik durchgeführt werden. Durch die dorsale Entlastung kann das Rückenmark entsprechend ausweichen, wodurch die von ventral einwirkende Kompression verringert wird. Die im Rahmen der Laminektomie durchgeführte Entfernung der Wirbelbögen führt häufig zu Instabilitäten der operierten Segmente mit einer daraus resultierenden Kyphose, die wiederum zu einer zunehmenden ventralen Kompression des Myelons führen kann (47). KAPTAIN et al. (71) ermittelten die Häufigkeit der Entwicklung einer Postlaminektomie - Kyphose mit bis zu 21% der Fälle. Diese Beobachtung führte zur Entwicklung der Technik der Laminoplastik, die die Entwicklung der unerwünschten Kyphose verhindern kann. Zu den Verfahren der dorsalen Dekompression zählt auch die Foraminotomie, die vor allem durch die Veröffentlichungen von FRYKHOLM (32) Bekanntheit erlangte. Hierbei wird das Foramen intervertebrale von dorsal eröffnet. Man erreicht dadurch eine Entlastung der Nervenwurzel und des Rückenmarks. Im Anschluss an oben angeführte Operationen erfolgt häufig eine dorsale Fusion mittels Osteosynthese. Eine Nachuntersuchung von 292 Patienten, bei denen entweder eine dorsale Foraminotomie oder eine ventrale Diskektomie und Fusion erfolgte, durch KORINTH et al. (79) brachte folgendes Ergebnis: Die Erfolgsrate nach ventraler

Spondylodese war mit 93,6% deutlich höher als mit 85,1% nach dorsaler Foraminotomie.

5.2.2. Ventrale Verfahren

Bedingt durch die nicht immer befriedigenden Ergebnisse nach dorsalen Operationen suchte man nach alternativen Operationsverfahren und so wurde in den 50er Jahren von mehreren Autoren fast gleichzeitig über eine Methode zur operativen Behandlung der Halswirbelsäule über einen ventralen Zugang berichtet.

ROBINSON und SMITH (115) berichteten 1955 über acht erfolgreich durchgeführte ventrale Operationen zur Behandlung zervikaler degenerativer Diskopathien. 1958 veröffentlichten SMITH und ROBINSON (129) eine Beschreibung der Operationstechnik zur Ausräumung zervikaler Bandscheiben mit nachfolgender Verblockung des Intervertebralraumes durch einen Beckenkammknochenspan von ventral bei degenerativen Bandscheibenschäden und degenerativen Instabilitäten. Ebenfalls 1958 berichtete CLOWARD (20) über eine ventrale Halswirbelsäulenoperationstechnik bei degenerativen Veränderungen der Bandscheibe. BAILEY und BADGLEY (07) beschrieben 1960 eine interkorporelle Fusion mittels Knochenspan vom ventralen Zugang aus. Diese Operation wurde bereits im Jahr 1952 durchgeführt.

Die Entwicklung dieser Operationsverfahren basierte auf der Erkenntnis, dass die durch degenerative Veränderungen der Bandscheibe und durch die zervikale Spondylose verursachten Kompression der neuralen Strukturen vornehmlich von ventral erfolgt. Die Vorteile des ventralen Zugangs bestehen in der atraumatischen Präparation, bei der bis auf das Platysma und kleine Venenäste keine Strukturen durchtrennt werden müssen und die zuggurtende dorsale Muskulatur intakt bleibt (20,134). Vor allem basiert die Popularität des ventralen Verfahrens auf dem Vorteil der direkten Zugangsmöglichkeit zum Rückenmark (31).

Das Grundprinzip der ventralen Fusion nach SMITH - ROBINSON (129) besteht in einer vollständigen Diskektomie mit Entknorpelung und Anfrischung der angrenzenden Grund- und Deckplatten und nachfolgendem Einbringen eines autologen Knochenspans. Die Osteophyten und Teile des hinteren Längsbandes werden bis zur vollständigen Dekompression von Myelon und Nervenwurzel entfernt. Ein trikortikaler hufeisenförmiger Knochenspan wird entsprechend der zuvor ausgemessenen Höhe,

Breite und Tiefe aus dem rechten vorderen Beckenkamm entnommen und unter geringfügiger Spreizung des Bandscheibenraumes in ihm eingesetzt. Nach Aufhebung der Spreizung sitzt der Span bereits fest.

Bei der klassischen ventralen Fusion nach CLOWARD (20) wird ein zylindrischer autologer Knochenspan (Runddübel) eingesetzt, dessen Durchmesser zuvor aus dem Zwischenwirbelraum sowie aus den angrenzenden Wirbelkörpern ausgebohrt wurde. Über diesen Knochenzylinder erfolgt die knöcherne Fusion. Die ideale Größe des Knochenspans berechnet sich nach AN et al. (02) wie folgt: Bei einer angenommenen Höhe des Zwischenwirbelraumes zwischen 3,5 und 6 mm soll der Span 2 mm dicker als die Höhe sein. Sollte der Bandscheibenraum höher als 7,4 mm sein, entspricht die Größe des Spans der des Bandscheibenraumes.

Die Entnahme des Knochenspanes aus dem Hüftknochen ist zu einem nicht unwesentlichen Maße mit Komplikationen an der Entnahmestelle verbunden und könnte in einigen Fällen sogar die Hauptursache für postoperative Beschwerden darstellen. So beschrieben HACKER et al. (48), dass 31% der Patienten ihrer Studie nach 2 Jahren über Hüftschmerzen klagten. ZEVGARIDES et al. (150) beobachteten in ihrer Vergleichsstudie eine Schmerzrate 6 Monate postoperativ von 16,6% an der Transplantatentnahmestelle. CASTRO et al. (17) berichten über Kurz- und Langzeitkomplikationen bei bis zu 22% der Fälle. SILBER et al. (128) beschreiben für 26 % der Patienten im Untersuchungszeitraum von durchschnittlich 48 Monaten persistierende Schmerzen und funktionelle Beeinträchtigungen. Einen ersten Versuch, die Knochenentnahme aus dem Beckenkamm und die damit verbundenen Probleme für die Patienten zu vermeiden, unternahm 1976 RISH (114), der homologes Knochenmaterial zur Fusion einsetzte.

Ebenfalls mit dem Ziel, das Problem der Entnahmemorbidität zu umgehen, wurden auch Techniken der anterioren Diskektomie ohne Fusion zur operativen Behandlung von zervikalen Bandscheibenerkrankungen entwickelt. Anfang der 60er Jahre beschrieben HIRSCH et al. (60) erstmals diese Vorgehensweise. Seit dem hält die kontroverse Diskussion um Vor- und Nachteile dieser Operationstechnik im Vergleich zur Fusionsoperation an und zahlreiche Autoren haben zu diesem Thema untersucht. Verteidiger der alleinigen Diskektomie wie DOWD et al. (21) und SAVOLAINEN et al. (121) halten eine zusätzliche Fusion zum Erreichen eines guten Outcomes für unnötig. Gleiche klinische Ergebnisse nach beiden Operationsverfahren beobachteten auch VAN DEN BENT et al. (136). ABD - ALRAHMAN et al. (01) differenzieren bei der

Indikationsstellung und sehen die alleinige Diskektomie vor allem geeignet für Patienten mit monosegmentalen Bandscheibenvorfällen ohne Spondylose. Eine mit der Diskektomie assoziierte Komplikation stellt die Entwicklung einer postoperativen Kyphose dar. Die entstandene Kyphose scheint entsprechend den Untersuchungsergebnissen von LAING et al. (86) das klinische Outcome nicht zu beeinflussen. Die Verfechter der Fusionsoperation argumentieren, dass durch die Fusion der Wirbelkörper die Ausrichtung der Halswirbelsäule erhalten wird, die Foramina intervertebralia durch Erhalt der Zwischenwirbelraumdistanz offen bleiben und eine postoperative Bewegung der Wirbel vermieden wird. So erkennen GROTE und Mitarbeiter (44) zwar keine signifikanten Unterschiede zwischen „Fusion“ und „Nichtfusion“, halten aber die anschließende knöchernen Fusion der benachbarten Wirbelkörper für sinnvoll, um einmal einen postoperativen Instabilitätsschmerz zu vermeiden, der naturgemäß ohne Fusion erwartet werden muss und um außerdem die Zwischenwirbellöcher weit zu halten. Eine Dekompressionsoperation ohne anschließende Fusion führt nach MURPHY et al. (101) zu persistierendem Nackenschmerz und im späteren Verlauf zu kyphotischen Deformitäten und Nervenwurzelkompressionen infolge foraminale Stenosen. KUNZ et al. (84) sehen eindeutige Vorteile bei der knöchernen Fusion. Sie beschreiben die nach alleiniger Diskektomie häufiger beobachtete foraminale Einengung im operierten Segment als Folge des Höhenverlustes durch die Bandscheibenentfernung und erklären damit die häufiger auftretenden Beschwerden.

Die Suche nach alternativen Fusionsmaterialien wurde ständig fortgesetzt. Mitte der 60er Jahre modifizierten GROTE und RÖTTGEN (45) die Operationstechnik der ventralen Fusion. Sie benutzten anstatt eines Knochenspans einen Polymethylmethacrylat (PMMA) - Dübel. Nach Ausräumen der Bandscheibe wird in die Grund - und Deckplatte der angrenzenden Wirbelkörper jeweils eine Halbkugel gefräst und der Intervertebralraum mit Knochenzement (PMMA) ausgegossen. Nach guten operativen und klinischen Ergebnissen bei der Anwendung in der Behandlung der Lendenwirbelsäule wurden auch für die Anwendung an der Halswirbelsäule verschiedene Platzhalter aus Titan, Carbon und Polyketonether entwickelt. Diese Entwicklungen erfolgten ebenfalls mit dem Ziel, die Nachteile der Knochengewinnung zu umgehen, aber auch mit der Maßgabe, Probleme, die dem Knochenimplantat immanent sind (Spanzusammenbruch oder Spandislokation) zu vermeiden. 1988 stellte Bagby (06) erstmals einen so genannten „Cage“ im Korbdesign zur lumbalen

Wirbelkörperperfusion vor. Er nutzte die Erfahrungen, die zuvor durch die erfolgreiche Anwendung des Cages an der Halswirbelsäule von Rennpferden zu Behandlung des Wobbler - Syndroms gemacht wurden. KADEN et al. (69) veröffentlichten 1993 einen Bericht über die Verwendung eines Titanimplantats zur ventralen Fusion bei 52 Patienten mit zervikaler Myelopathie und/oder radikulären Beschwerden. JÖLLENBECK et al. (67) operierten 200 Patienten mit zervikalen Bandscheibenvorfällen und führten die Spondylodese bei jeweils 100 Patienten mit Polymethylmethacrylat bzw. mit einem Titanimplantat durch. Sowohl für die Behandlungsergebnisse als auch für die implantatspezifischen Komplikationen konnte zwischen beiden Gruppen kein signifikanter Unterschied festgestellt werden. MEIER et al. (98) implantierten bei 267 Patienten mit degenerativen Erkrankungen der Halswirbelsäule sechs verschiedene Spacer. Sie empfahlen einen Titan - Cage wegen seiner positiven Gebrauchseigenschaften und der Verankerungsmöglichkeit in der Grund - und Deckplatte der benachbarten Wirbelkörper, gefolgt von den PEEK-Spacern. Vavruch und Mitarbeiter (138) verglichen das Operationsverfahren nach Cloward mit dem Einbringen von Carbonfasercages. Sie folgern, dass die Fusionsrate bei der Cloward - Technik zwar größer ist als mit Carbonfasercages, die klinischen Ergebnisse aber vergleichbar sind. SCHRÖDER und WASSMANN (124) ermittelten in ihrer 2002 veröffentlichten Untersuchung 8608 zervikale Diskektomien und Fusionen mit folgender Verteilung der Fusionsmittel: 40% mit Polymethylmethacrylat (PMMA), 27% mit Titan ebenfalls 27% mit Knochenspan, 4% mit Carbon und 1% ohne Einsatz eines Fusionsmittels. Die Frage, welches das am besten geeignete Material dafür sei, ist gegenwärtig Gegenstand der Diskussion. Van LIMBECK et al. (137) führten im Jahr 2000 eine systematische Literaturstudie zu Methoden der ventralen monosegmentalen Halswirbelsäulenfusion durch. Sie können in Auswertung der Studie keine beste Methode benennen. In der Literatur sind folgende Anforderungen an ein optimales intervertebrales Interponat postuliert: Sofortige Stabilität, erfolgreiche Fusion bei allen Patienten, Vermeidung schmerzhafter Transplantatentnahmestellen und damit verbundenen Weichteilerkrankungen, Aufrechterhaltung des spinalen Alignements, Erweiterung oder Beibehaltung der Foramenhöhe, Vermeidung axialer Dislokation, geringe Kosten des Platzhalters sowie vom Interponat unbeeinträchtigte postoperative Röntgenkontrollen(09,117,150).

Einen großen Fortschritt in der chirurgischen Therapie bedeutete die Einführung des Operationsmikroskopes mit dem ab den 70er Jahren mikrochirurgische Techniken Einzug in operative Behandlung zervikaler degenerativer Erkrankungen hielten (52).

6. Material und Methodik

6.1. Patientenkollektiv

In der neurochirurgischen Klinik des Unfallkrankenhauses Berlin wurden im Zeitraum von September 1997 bis Januar 2005 368 Patienten wegen degenerativer Erkrankungen der Halswirbelsäule mittels ventraler Spondylodese operativ behandelt und im Rahmen der prospektiv angelegten Studie 1 Jahr nach der Operation klinisch und radiologisch nachuntersucht. Voraussetzung für das Einbeziehen dieser Patienten in die Studie war der sichere Nachweis für das Vorliegen einer degenerativen Erkrankung an der Halswirbelsäule. Es blieben Patienten ausgeschlossen, bei denen es sich anamnestisch ursächlich um ein fraglich posttraumatisches Geschehen oder um eine Revisionsoperation handelt. Kriterien für eine Operationsindikation waren das Bestehen einer zervikalen Radikulopathie oder zervikalen Myeloradikulopathie und ein entsprechender Nachweis eines Bandscheibenvorfalles mit Kompression nervaler Strukturen und/oder eine Osteochondrose mit engem Spinalkanal im betreffenden Segment, visualisiert in den bildgebenden Verfahren der Neuroradiologie, Computertomographie (CT) und Magnetresonanztomographie (MRT). Ein konservativer Therapieversuch von mindestens 6 Wochen mit physiotherapeutischer Behandlung ist der Operation bei zervikalen Bandscheibenvorfällen (soft disc) ohne deutliche Osteochondrose vorangegangen.

Von den 368 Patienten waren 183 Männer (49%) und 185 Frauen (51%) mit einem Durchschnittsalter von 49 Jahren. Der Jüngste war 25 Jahre und der Ältteste 81 Jahre alt (Abb. 1).

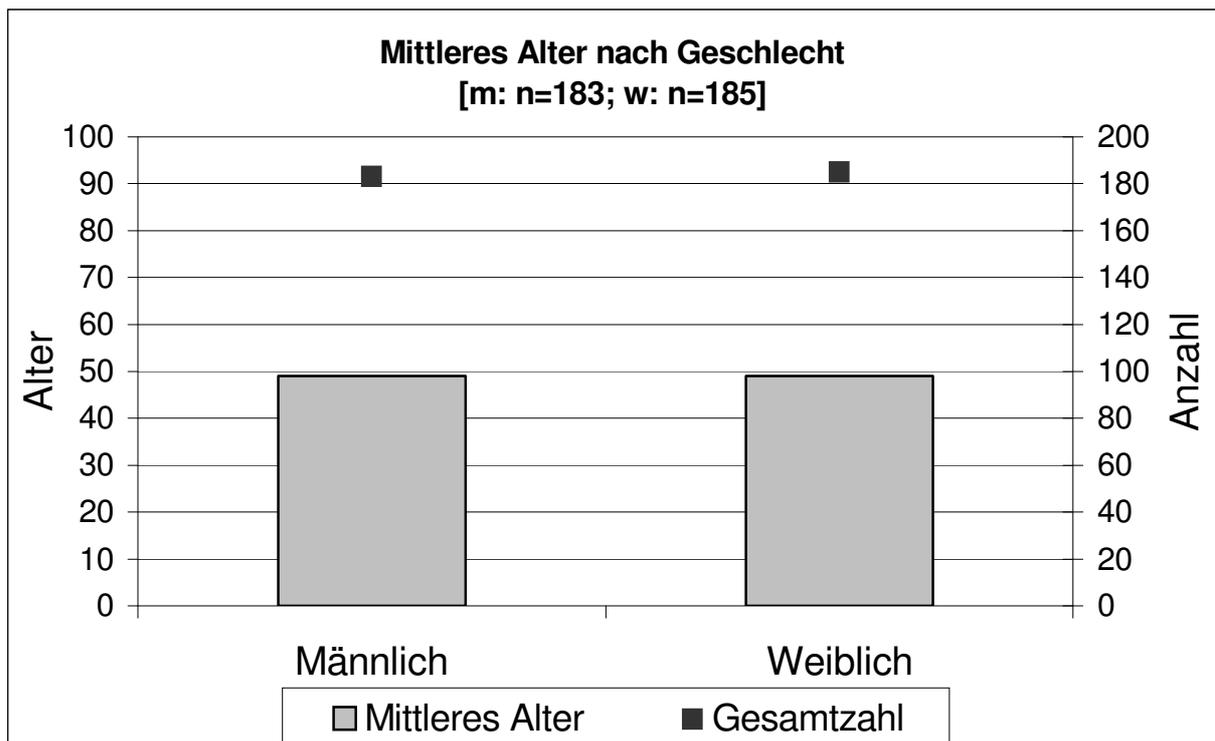


Abb. 1: Lebensalter versus Geschlecht

Die 368 Patienten wurden insgesamt in 484 Halswirbelsäulensegmenten operiert, davon 252 in einem Segment und bei 116 erfolgte die Spondylodese in zwei Segmenten. Die Mehrzahl der Eingriffe erfolgte im Segment HWK 5 / 6. Mit 144 Operationen wurde hier mehr als doppelt so häufig operiert wie im Segment HWK 6 / 7 mit 66 Eingriffen. Im Segment HWK 4 / 5 fanden 26 Operationen statt. Spondylodesen der Höhen HWK 3 / 4 und HWK 7 / B1 erfolgten mit jeweils 12 und 4 Operationen deutlich seltener (Abb. 2).

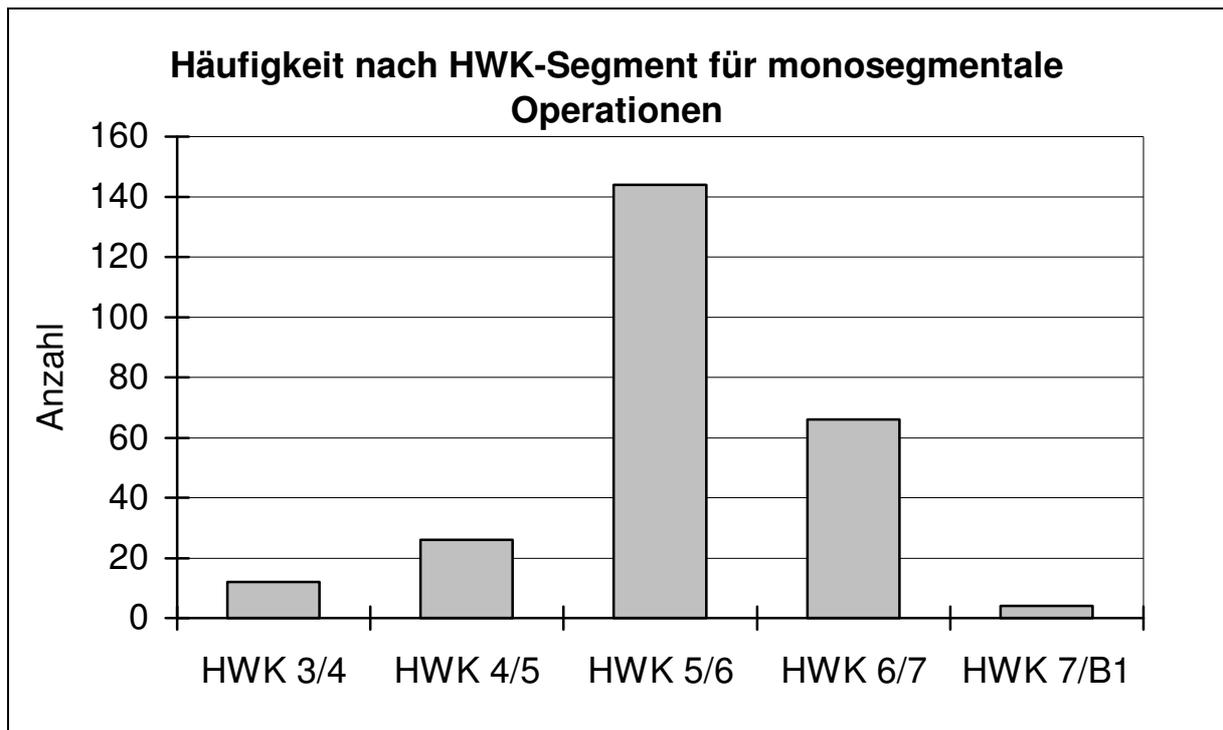


Abb. 2: Operationshäufigkeit nach HWK -Segment

6.2. Operationsmethode

In der Klinik für Neurochirurgie des Unfallkrankenhauses Berlin werden die Patienten in modifizierter Smith - Robinson - Technik mit dem Caspar - Instrumentarium der Firma Aesculap unter mikrochirurgischen Kautelen operiert. Nach Höhenlokalisierung unter dem Röntgen - Bildwandler und einem halben Kragenschnitt nach Kocher rechts erfolgt die Spaltung der oberflächlichen Halsmuskulatur, die stumpfe Präparation medial des Musculus sternocleidomastoideus mit Lateralisation der Arteria carotis communis und Medialisation von Trachea, Ösophagus und Glandula thyreidea ventral auf die Halswirbelsäule. Der Durchtrennung der tiefen Halsfaszie schließt sich die Markierung des Zwischenwirbelraumes mit einem Kirchner - Draht und die präzise Höhenlokalisierung mittels Röntgentechnik an. Nach Platzierung des Weichteilsperrers und Eröffnung des anterioren Längsbandes des jeweiligen Zwischenwirbelraumes werden alle Bandscheibengewebsanteile unter Mikroskopsicht entfernt. Die Distractionsschrauben des Wirbelkörperdistraktors nach Caspar platziert man in die benachbarten Wirbelkörper mittelständig und erweitert somit den Zwischenwirbelraum

zum nachfolgenden Abfräsen der Osteophyten von den Wirbelkörpern im hinteren Anteil des intradiscalen Raumes mit dem high speed drill (Motorensystem) unter dem Operationsmikroskop. Diese Operationsschritte erfolgen unter Schonung der Endplatten der angrenzenden Wirbelkörper. Nach Teilresektion des posterioren Längsbandes können nun Bandscheibensequester aus dem Spinalkanal exstirpiert und laterale Osteophyten abgefräst werden. Noch unter mäßiger Distraction erfolgt hiernach die Auswahl und Platzierung des intervertebro - discalen Spacers unter Röntgenkontrolle. Nach Entfernung des Instrumentariums erfolgt der schichtweise Wundverschluss.

6.3. Auswahl der Untersuchungskriterien

Die klinische Untersuchung und die Verifizierung des neurologischen Status erfolgte unmittelbar vor der Operation und 1 Jahr post operationem. Im Einzelnen wurden folgende Parameter untersucht: quantitative Bewusstseinslage, Händigkeit, Hirnvenenstatus, Sprache, Reflexe (Muskeleigenreflexe, pathologische Reflexe), Muskeltonus, Motilität, Kraftentwicklung, Paresen, Muskelatrophien, Koordination (Finger – Nase - Versuch, Knie – Hacke - Versuch, Armhalte - Versuch, Beinhalte - Versuch, Romberg - Versuch, Unterberger - Versuch), Zeichen nach Lasègue / Barany, Valleix`sche Druckpunkte, Meningismus, Sensibilität (Ästhesie, Algesie, Thermästhesie, Vibrationsempfinden), Wirbelsäulenstatus (Kyphose, Skoliose, Lordose, Rotation / Extension / Flexion, Druck- oder Klopfempfindlichkeit) und Gangbeobachtung.

Zur Bewertung der klinischen Symptomatik fand der 1975 von der Japanese Orthopedic Association (65) eingeführte JOA - Score Anwendung. Ihm konnten alle für den Krankheitsverlauf wesentlichen Symptome sowohl der Radikulopathie als auch der Myelopathie zugeordnet werden (Abb.3).

JOA - Score (max. 17 Punkte)

Punkte	0	1	2	3	4
Armmotorik	völlige Lähmung	kein Essen, Lesen, Schreiben möglich	Beeinträchtigungen beim Essen, Schreiben, Lesen	geringer Kraftverlust an Händen oder Oberarmen	normale Funktion
Beinmotorik	kein Laufen und Stehen	mit Stützen wenige Schritte gehfähig	Stützen beim Treppensteigen	unsicherer Gang, Stolpern	normale Funktion
Armsensibilität Beinsensibilität Rumpfsensibilität	vermindertes Gefühl, starke Schmerzen	geringe Gefühlsstörungen, leichte Schmerzen	normales Gefühl, keine Schmerzen		
Blasenfunktion	Harnverhalt	Restharn, Inkontinenz	Häufiger Harndrang	normale Funktion	

Abb. 3: JOA-Score

Im JOA - Score können bei völliger Beschwerdefreiheit maximal 17 Punkte erzielt werden. Je 4 Punkte werden für die motorische Funktion von Armen und Beinen vergeben. Die Sensibilität des Armes, des Rumpfes und an den Beinen wird mit maximal je 2 Punkten bewertet. Eine ungestörte Blasenfunktion ergibt zusätzlich 3 Punkte. Der benutzte Score enthält im Vergleich zum japanischen Original verschiedene Modifizierungen, die den hiesigen Bedürfnissen angepasst wurden. So wurde die Prüfung der Fähigkeit, mit Stäbchen zu essen, durch die „Beeinträchtigung beim Essen, Schreiben, Lesen“ ersetzt.

Im JOA - Score sind die postoperativ erreichten Punktwerte und die Ausgangslagen nicht miteinander vergleichbar, ein limitierender Faktor dieses Scores. Um diesen Vergleich jedoch anstellen zu können, verwendeten wir die Recovery - Rate (R-R), die den postoperativ erreichten JOA - Score mit dem maximal erreichbaren Wert ins Verhältnis setzt und damit eine relative Zahl ergibt. So erhält man die prozentuale Verbesserung des jeweiligen Patienten, die den eigentlichen Therapieerfolg verdeutlicht. Sie wurde erstmals von HIRABAYASHI et al. (59) beschrieben und zum

Vergleich der operativen Resultate und postoperativen Progression der Symptome angewendet (Abb. 4).

Recovery - Rate

$$R - R = \frac{\text{JOA-postop} - \text{JOA-präop}}{17 - \text{JOA-präop}}$$

Abb. 4: Recovery-Rate

YOSHIDA et al. (148), die den JOA - Score zur Evaluierung ihrer Patienten benutzten, verglichen die Operationsergebnisse mit Hilfe der Recovery - Rate und werteten die Ergebnisse in der Recovery - Rate in folgender Weise:

75% und mehr	sehr gut
50% und mehr	gut
20% und mehr	zufriedenstellend
weniger als 20%	schlecht

Zusätzlich zur klinischen Untersuchung aller Patienten zu den vorgenannten Zeitpunkten wurden zur radiologischen Beurteilung Röntgenaufnahmen der Halswirbelsäule angefertigt und digitalisiert. Dabei wurde vom Fachradiologen auf die Parallelität der Röntgenaufnahmen zu den Wirbelkörpern geachtet. Die Messung einer möglichen Sinterung des Spacers erfolgte ebenfalls digital, wobei der Abbildungsmaßstab im Berechnungsprogramm Berücksichtigung fand. Die Beurteilung erfolgte zusätzlich durch zwei unabhängige und erfahrene Radiologen bezüglich der Implantatlage und einer möglichen Penetration der Implantate in die benachbarten Wirbelkörper. Die Penetration in die benachbarten Wirbelkörper wurde ab einer Größe von 1 mm positiv bewertet und als Sinterung beschrieben.

Die postoperativen Verläufe der Patienten wurden bezüglich nachfolgender Kriterien untersucht. Da die degenerativen Erkrankungen der Halswirbelsäule vornehmlich eine Erkrankung von Patienten der älteren Lebensdekaden darstellen, sollten die Outcomes

in Abhängigkeit vom Alter der Operierten untersucht werden. Weiterhin interessierte, ob es einen geschlechtsspezifischen postoperativen Verlauf gibt. Im Rahmen der Untersuchung unterzogen sich 252 Patienten einer monosegmentalen Operation und 116 Patienten einer bisegmentalen Fusion. Hier ist die Frage nach Unterschieden im Outcome beider Patientengruppen von Interesse. Ebenfalls wurde der Einfluss von Sinterungen auf das klinische Ergebnis untersucht. Nicht zuletzt interessiert der Einfluss der Lage der operierten Segmente innerhalb der Halswirbelsäule auf den postoperativen Verlauf.

6.4. Statistik

Die statistische Auswertung der Daten erfolgte mittels Mann – Whitney - Test. Die Irrtumswahrscheinlichkeit wurde mit $p < 0,05$ festgelegt.

7. Ergebnisse

Die Ergebnisse der Nachuntersuchungen der 368 Patienten, die sich einer zervikalen Fusionsoperation unterzogen, sind im folgenden Abschnitt dargestellt. Zur klinischen Verlaufskontrolle fand der Score der „Japanese Orthopedic Association“ (JOA - Score) (65) Anwendung und die Auswertung des Outcomes erfolgte mit Hilfe der Recovery - Rate (59,148).

7.1. Behandlungsergebnisse nach Geschlecht

Die Verteilung zwischen weiblichen und männlichen Patienten ist in unserem Untersuchungskollektiv mit 185 Frauen und 183 Männern nahezu identisch.

Die klinisch - neurologische Entwicklung nach ventraler Spondylodese wurde geschlechtsspezifisch beobachtet. Dazu wurde die prozentuale Verbesserung des praeoperativen JOA – Score - Wert im Vergleich zum Wert ein Jahr postoperativ festgestellt. Hierbei ermittelten wir eine vergleichbare mittlere Recovery - Rate von 64,70% für die männlichen Patienten und 63,77% für die weiblichen Patienten. Somit besteht kein statistisch signifikanter Unterschied der Behandlungsergebnisse zwischen den Geschlechtern (Abb. 5).

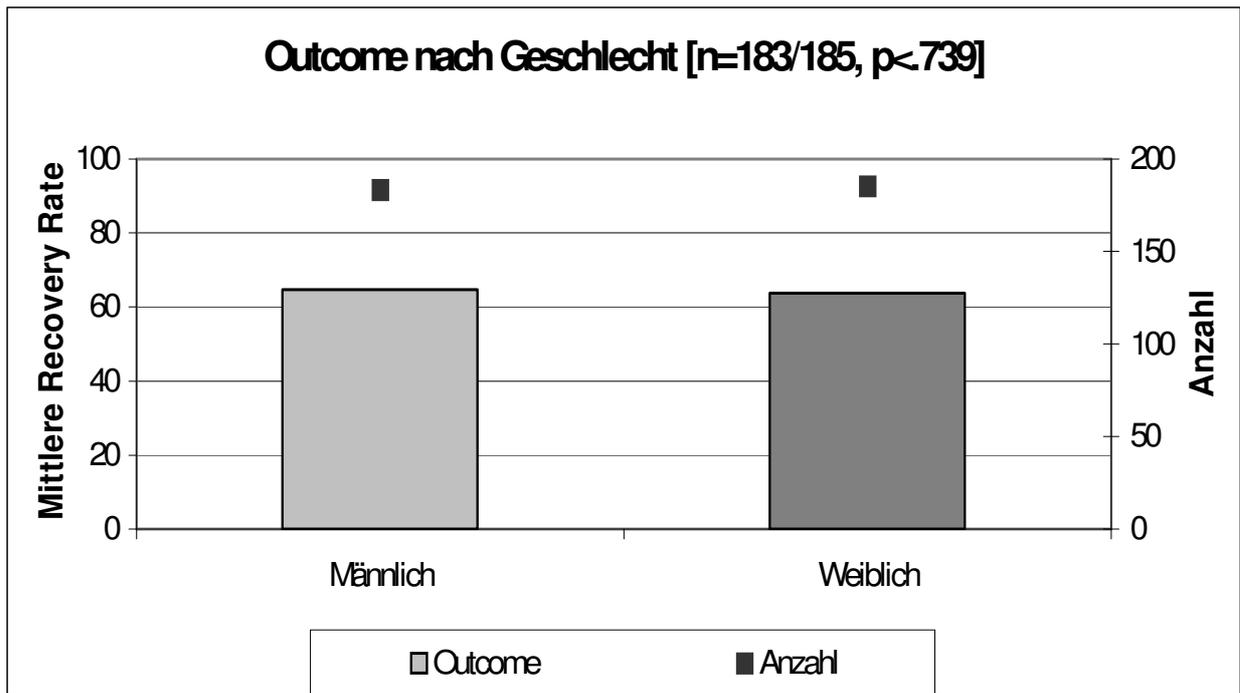


Abb.5: Behandlungsergebnisse versus Geschlecht

Zur leichteren Beurteilung, ob die Patienten von der operativen Therapie bei degenerativen Bandscheibenerkrankungen der Halswirbelsäule profitieren konnten, unterteilten wir sie entsprechend des Behandlungserfolges in die Gruppierung Responder oder Nonresponder. Patienten, die eine Recovery – Rate ab 20% aufwiesen, wurden als Responder eingestuft, hingegen Patienten mit einer Rate unter 20% als Nonresponder klassifiziert. 89% der 368 Patienten erreichten so gute Operationsergebnisse, dass sie der Gruppe der Responder zugeordnet werden konnten. Diese Patienten verbesserten 1 Jahr nach erfolgter Operation ihre klinisch - neurologische Symptomatik deutlich, sie profitierten von der operativen Therapie. Männer und Frauen getrennt betrachtet, erreichten dieses gute Operationsergebnis 166 Personen von den 183 männlichen Patienten (91%) und 162 der 185 weiblichen Patienten (88%). Hinsichtlich des Behandlungserfolges nach operativer Therapie von degenerativen Halswirbelsäulenerkrankungen ist kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den Geschlechtern zu verifizieren. 78% unserer Patienten erfuhren eine Verbesserung der klinischen Symptomatik von mehr als 50% Recovery – Rate und 35% der Patienten konnten eine Restitutio ad integrum erreichen, verdeutlicht durch eine Recovery - Rate von 100%. Nur 11% der Patienten mussten der Gruppe der Nonresponder zugeordnet werden (Abb. 6).

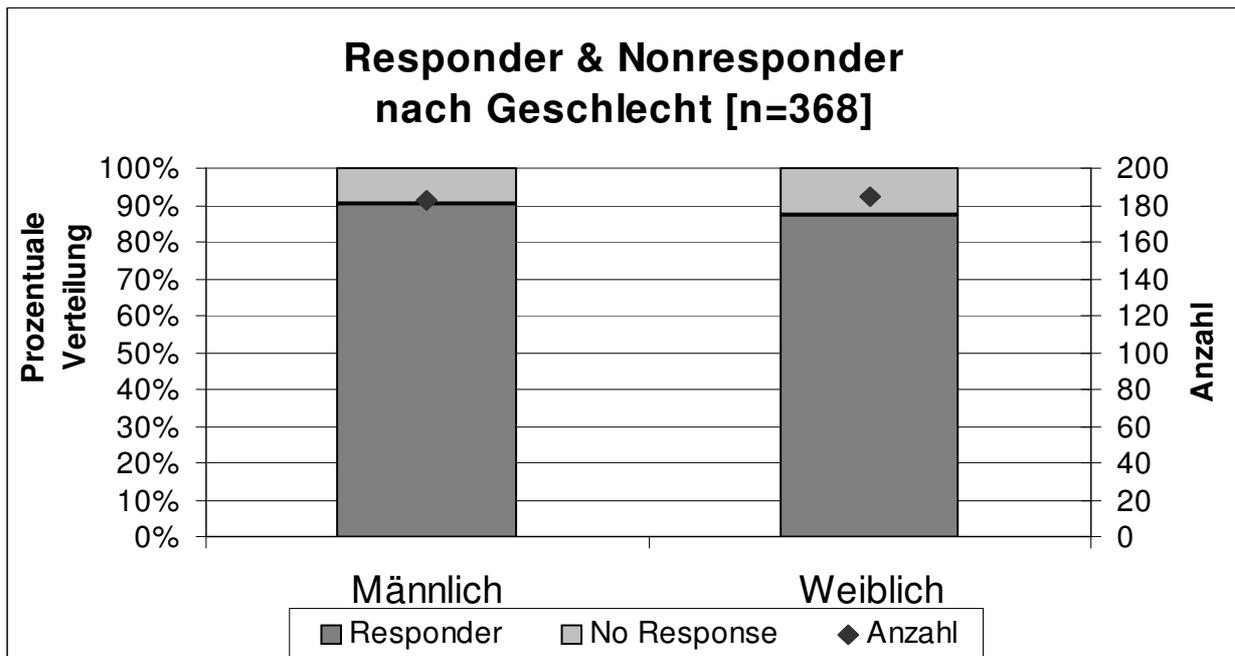


Abb. 6: Behandlungserfolg versus Geschlecht

Zum selektiveren Vergleich des Outcomes der weiblichen und der männlichen Patientengruppe ordneten wir die Recovery - Raten in Anlehnung an die Zuordnung von YOSHIDA et al. (148) folgenden Prozentgruppen zu: Eine Recovery - Rate von 100% bedeutet ein exzellentes Ergebnis, 75 - 99% ein sehr gutes Ergebnis, 50 - 74% ein gutes Ergebnis, 20 - 49% ein befriedigendes Ergebnis sowie, 0 - 19% ein schlechtes Ergebnis. Eine Rate unter 0% wird als „schlechter“ eingestuft.

Das Outcome der meisten Mitglieder der männlichen Patientengruppe liegt in der Prozentgruppe von 50 - 74% (gutes Ergebnis), festgestellt bei 70 männlichen Patienten (38% der Männer). In dieser Gruppe beträgt die mittlere Recovery - Rate 59%. 64 Patientinnen (35% der Frauen) entwickelten eine mittlere Recovery - Rate von 58%, gehören somit zu der Einstufung „gutes Ergebnis“. Exzellente Ergebnisse entsprechend einer Rate von 100% ermittelten wir bei 64 Männern (35%) und 66 Frauen (36%). Damit stellen diese Patientinnen die zahlenmäßig stärkste Gruppe der weiblichen Patientinnen. Jeweils nur 9 Patienten, 5% der Männergruppe und nur 13 Patientinnen, 7% der Frauengruppe, entwickelten eine Recovery - Rate von 75 - 99%, was einem sehr gutem Behandlungsergebnis entspricht. 16 weibliche (9%) und 20 männliche Patienten (11%) erreichten befriedigende Ergebnisse, entsprechend einer Recovery - Rate von 20 - 49%. Schlechte Behandlungsergebnisse (Recovery - Rate 0 - 19%) wurde bei 24 Patientinnen (13%) und bei 19 Patienten (10%) festgestellt. Zwei Frauen

und 1 Mann hatten schlechtere Ergebnisse bezogen auf den präoperativen neurologischen Status (unter 0% Recovery – Rate) aufzuweisen. Die Ergebnisse sind in folgender Abbildung dargestellt (Abb. 7).

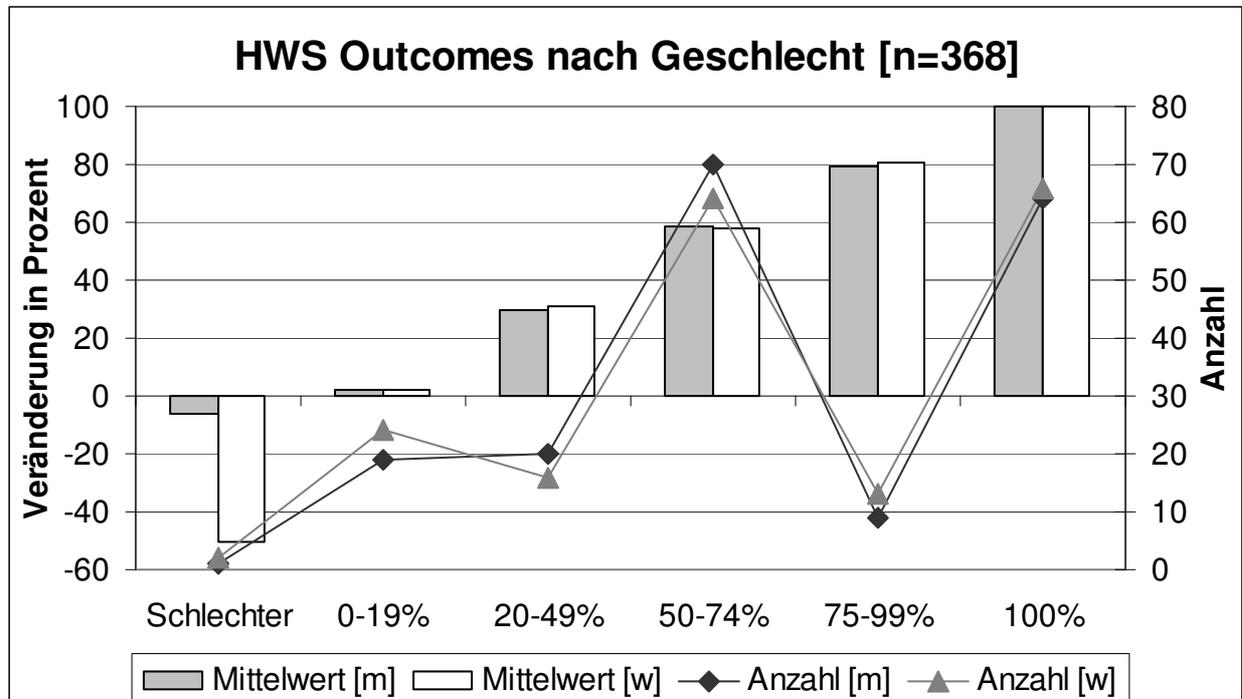


Abb. 7: Behandlungsergebnisse in Prozentgruppen versus Geschlecht

7.2. Behandlungsergebnisse nach Altersgruppen

Zum besseren Vergleich des ermittelten Outcomes bezüglich des Alters wurden die Patienten in Altersdekaden eingeteilt. Zahlenmäßig am stärksten vertreten sind die Mitglieder der Altersgruppe der 40 – 49 jährigen mit 127 Patienten und mit 117 Vertretern der Gruppe der 50 – 59 jährigen, gefolgt von 64 Individuen der Dekade 30 - 39 Jahre und 49 Personen im Alter von 60 bis 69 Jahren. Die Altersgruppen mit der geringsten Mitgliederstärke stellen die 70 – 79 jährigen mit 5 Patienten und die der Altersdekade 20 – 29 Jahre mit nur 2 Patienten. Die beste Recovery - Rate mit 100% ermittelten wir in der Altersgruppe 20 - 29 Jahre, gefolgt von 73% der 30 – 39 jährigen. Die niedrigste Rate, mit 42%, eruierten wir in der Gruppe der über 80 jährigen. Die Altersgruppen mit den meisten Mitgliedern, 127 Patienten der 40 – 49 jährigen und 117 bei den 50 – 60 jährigen, entwickelten eine mittlere Recovery - Rate von 67% bzw.

60%. Die Patientengruppe 60 - 69 Jahre erreichte eine Recovery - Rate von 55% und die mit 70 - 79 Jahren von 68% (Abb.8).

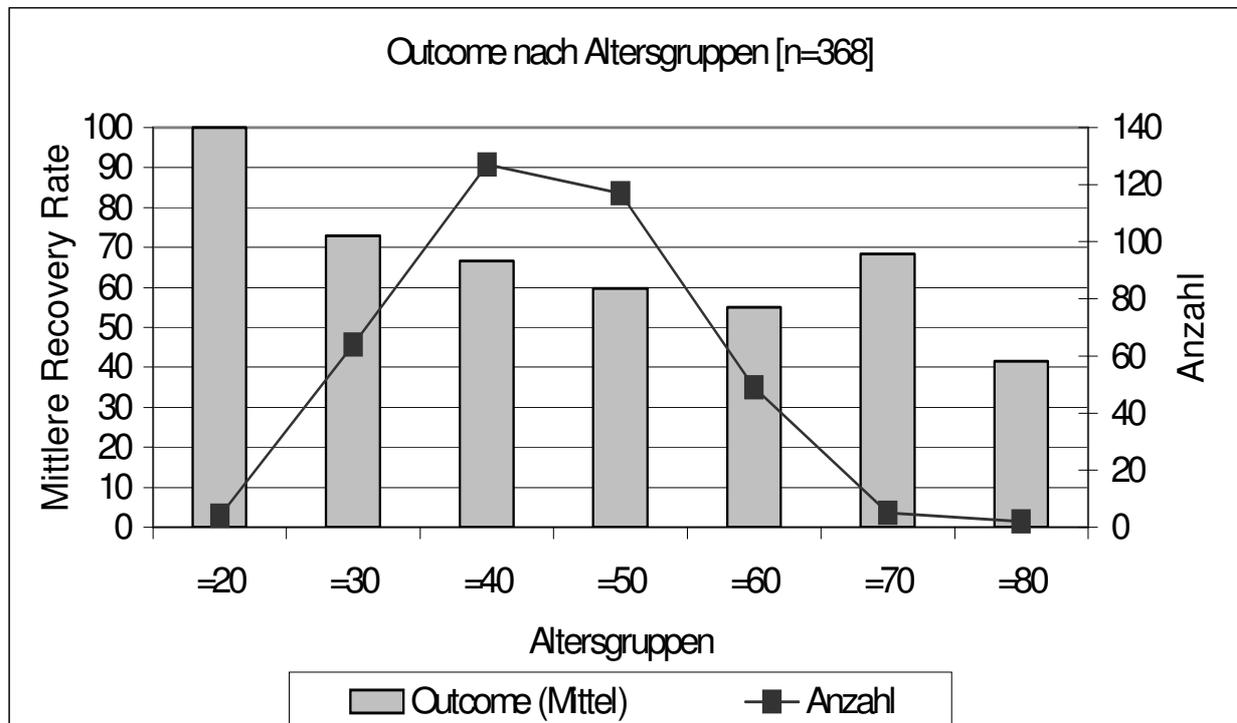


Abb. 8: Behandlungsergebnisse versus Altersdekaden

Es zeichnet sich folgender Trend in der ermittelten Recovery - Rate ab: Je älter die Patienten sind, umso geringer fällt die prozentuale Verbesserung zwischen dem präoperativem JOA - Score und dem 1 Jahr postoperativ festgestelltem JOA - Score aus. Dieser Trend wird in unserer Untersuchung nur durch die Ergebnisse der Altersgruppe 70 - 79 Jahre gering unterbrochen.

Zum besseren Vergleich der Behandlungsergebnisse für junge und alte Patienten, teilten wir das Untersuchungskollektiv in zwei Altersgruppen, 30 - 49 Jahre und 50 - 69 Jahre. Es zeigt sich ein deutlicher Unterschied im Outcome der Patienten dieser Altersgruppen, widergespiegelt in folgendem Ergebnis: Die 191 Patienten der Altersdekade der 30 – 49 jährigen haben mit einer mittleren Recovery - Rate von 69% ein signifikant besseres Operationsergebnis ($p < 0,004$) als die 50 – 69 jährigen (166 Patienten) mit einer Rate von 58%. Somit weisen Patienten, jünger als 50 Jahre statistisch bessere Behandlungsergebnisse auf, als Patienten mit einem Lebensalter über 50 Jahre (Abb. 9).

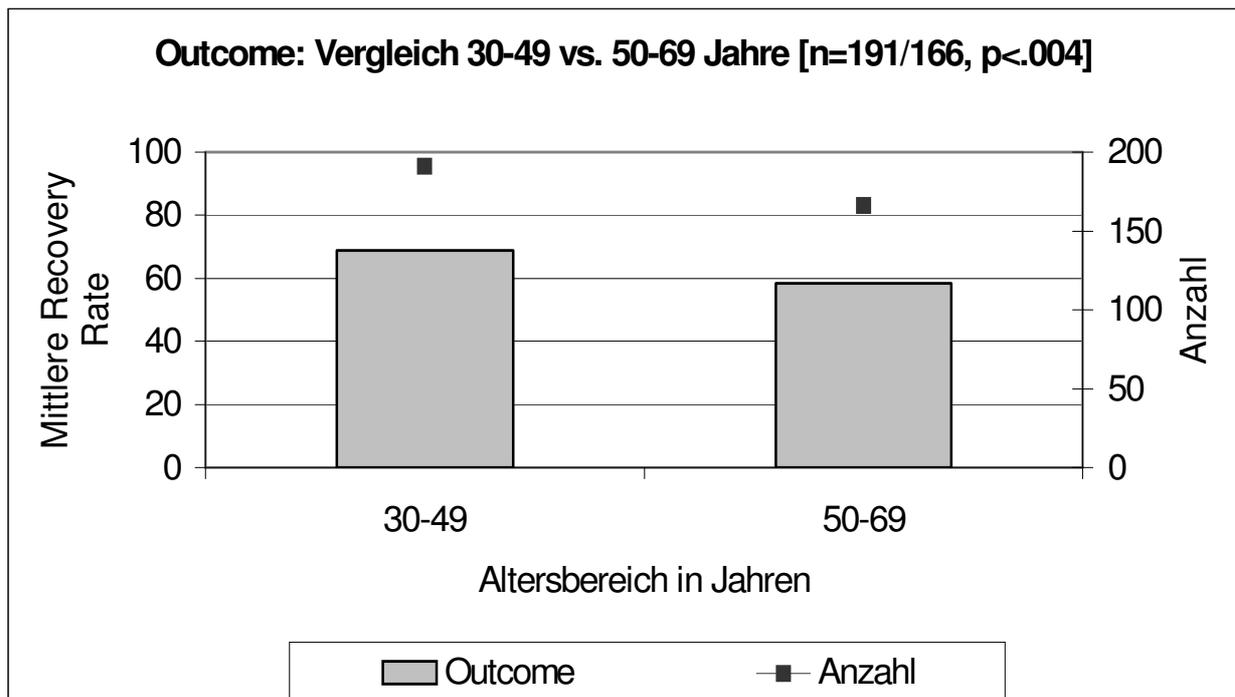


Abb. 9: Behandlungsergebnisse versus Altersgruppen

7.3. Behandlungsergebnisse für mono - und bisegmentale Operationen

Die 368 durchgeführten ventralen Spondylodesen umfassen 252 monosegmentale Operationen und 116 bisegmentale Operationen. Die mittlere Recovery - Rate des monosegmental operierten Patientenkollektives beträgt 67 %, die der bisegmental Operierten 58%. Damit konnten wir für die monosegmental durchgeführten Fusionen ein besseres postoperatives Ergebnis eruieren als im Falle der bisegmentalen Fusionen. Dieser Unterschied im Outcome beider Patientengruppen erweist sich als statistisch signifikant ($p < 0.006$). Die Ergebnisse sind in folgender Abbildung (Abb. 10) dargestellt.

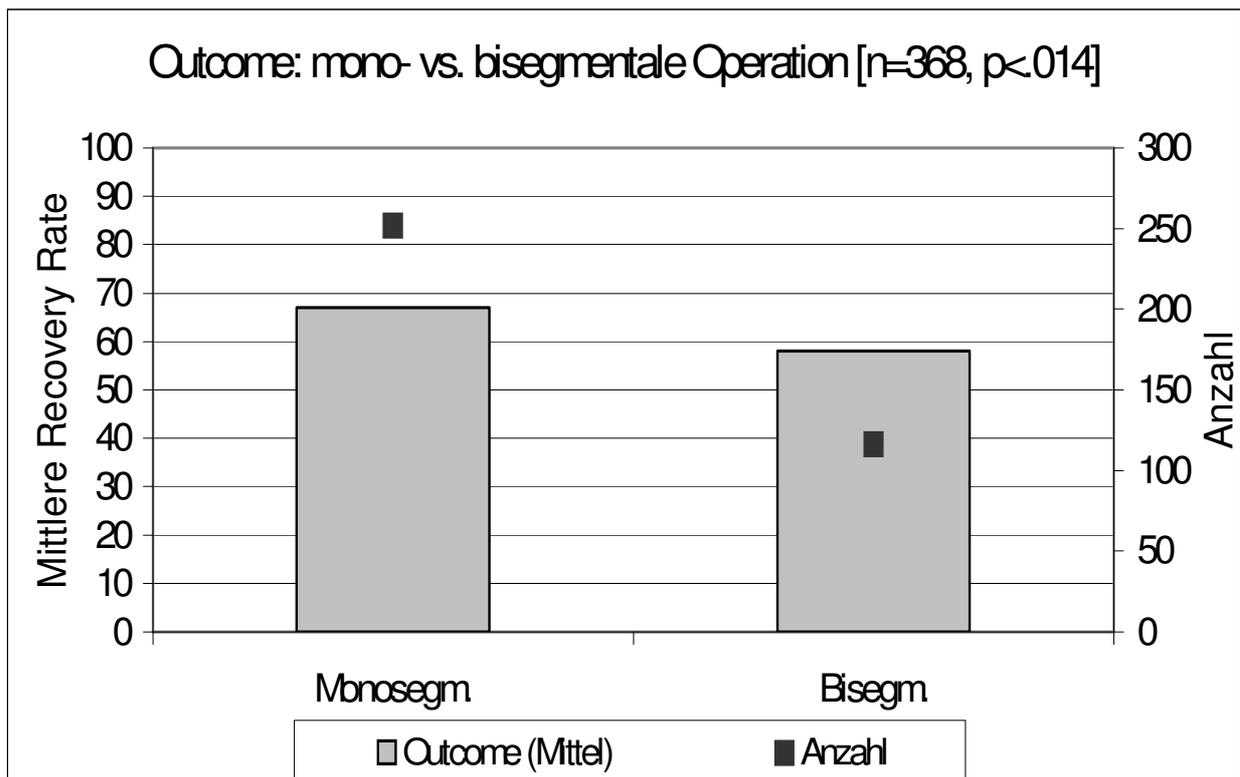


Abb. 10: Behandlungsergebnisse: mono- versus bisegmentale Spondylodese

7.4. Behandlungsergebnisse nach HWK-Segment

Das Outcome der 252 monosegmental operierten Patienten wurde in Abhängigkeit zur betroffenen Halswirbelsäulen - Höhe untersucht. Die größte Anzahl von Operationen ist im Segment HWK 5/6 zu finden. Es wurde hier 144 mal operiert (57%), gefolgt von Segment HWK 6/7 mit 66 Operationen (26%) und HWK 4/5 mit 26 durchgeführten Spondylodesen (10%). Im Segment HWK 3/4 wurde 12 mal (5%) fusioniert und im Segment HWK7/B1 wurde mit 4 Eingriffen (2%) am seltensten operiert. Folgende Operationsergebnisse wurden dokumentiert: Im am häufigsten operierten Segment HWK 5/6 eruierten wir das beste Outcome mit 70% Recovery - Rate, gefolgt von Segment HWK 6/7 (zweithäufigste Operation) mit einer Rate von 69% und dem am seltensten operierten Segment HWK 7/B1 mit 64%. Die schlechtesten Recovery - Raten waren mit 50% im Segment HWK 3/4 und mit 52% in HWK 4/5 zu finden. Die Ergebnisse sind in der folgenden Abbildung (Abb. 11) dargestellt.

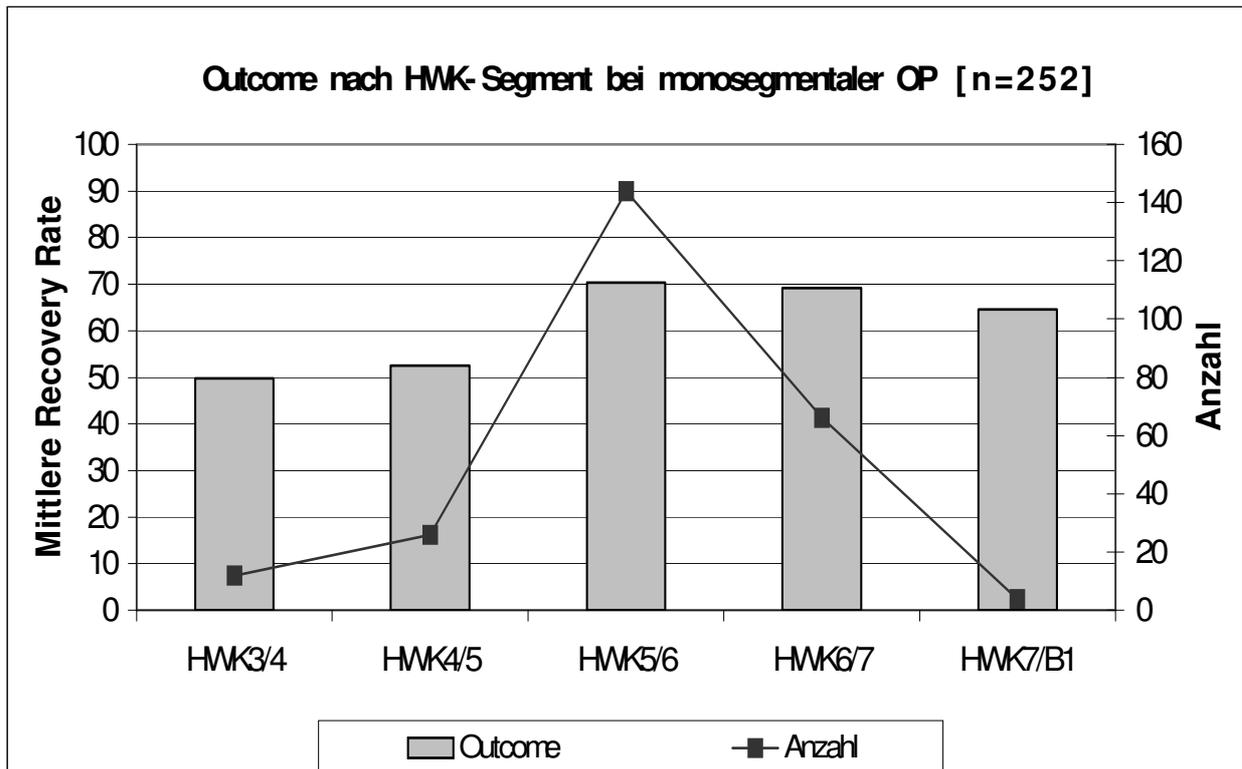


Abb. 11: Behandlungsergebnisse nach HWK-Segment

Es erfolgte eine Unterteilung in den Segmentbereich HWK 3/4 plus HWK 4/5 (mittlere Halswirbelsäule) und in den Bereich HWK 5/6 plus HWK 6/7 (untere Halswirbelsäule). Mit 210 durchgeführten ventrale Spondylodesen wurde in der unteren Halswirbelsäule mit Abstand am häufigsten operiert. In Auswertung der Operationsergebnisse, getrennt nach mittlerer und unterer Halswirbelsäule, ergibt sich ein signifikanter Unterschied der Recovery - Rate beider Gruppen ($p < 0,003$). In der mittleren Halswirbelsäule ermitteln wir eine deutlich schlechtere mittlere Recovery - Rate von 52% im Vergleich zur unteren Halswirbelsäule mit 70%, womit statistisch gesichert die Operationsergebnisse in der unteren Halswirbelsäule besser ausfallen als im mittleren Abschnitt (Abb. 12).

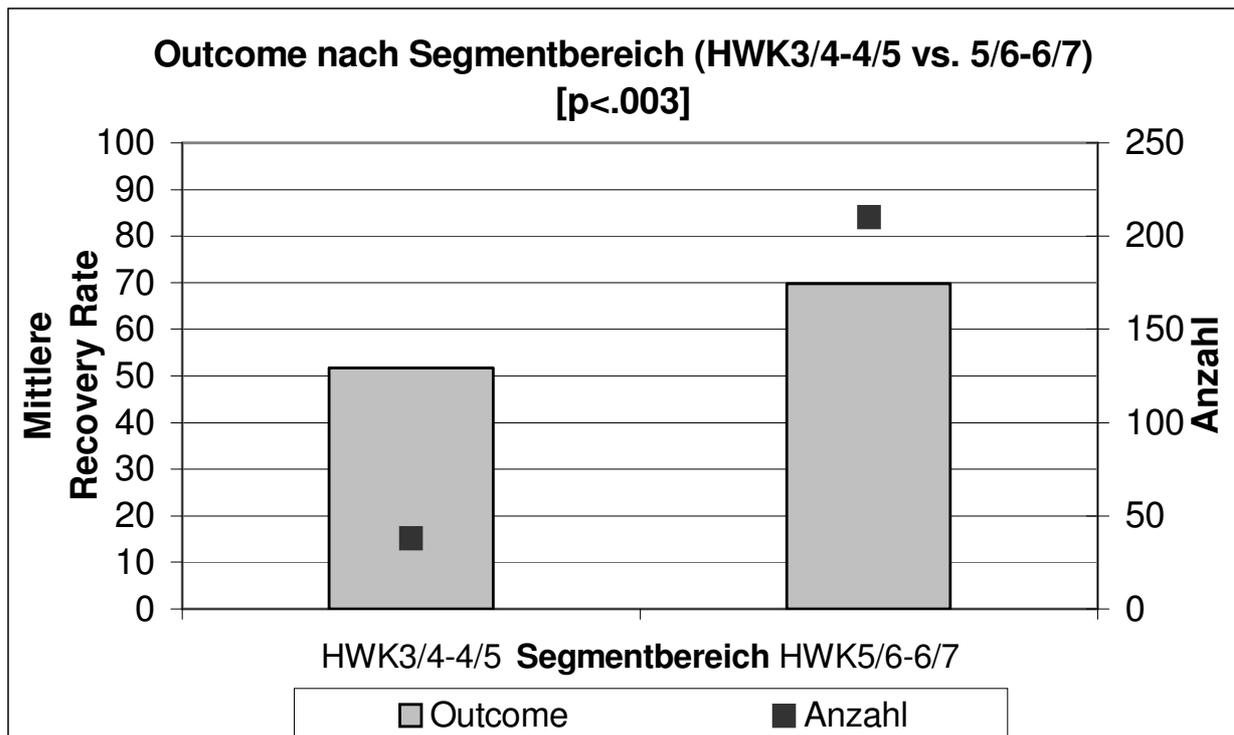


Abb. 12: Behandlungsergebnisse: mittlere versus untere HWS

7.5. Behandlungsergebnis und Sinterungsverhalten

Die vergleichende radiologische Untersuchung zur Feststellung einer möglichen Sinterung des Cages in die Grund - bzw. Deckplatte erfolgte direkt postoperativ und ein Jahr nach der Operation. Es fanden sich 296 Patienten mit unauffälligem radiologischen Befund und 62 Patienten, bei denen eine Sinterung radiologisch diagnostiziert wurde (Sinterungskriterien siehe Abschnitt 6.2. Methodik). Die mittlere Recovery - Rate der Patienten der Sinterungsgruppe unterschied sich mit 66% gering von der Rate der Gruppe der radiologisch unauffälligen Patienten mit 64%. Dieses leicht bessere Ergebnis im Outcome bei nachgewiesener Sinterung besitzt keine statistische Signifikanz und kann wissenschaftlich auch nicht erklärt werden (Abb. 13).

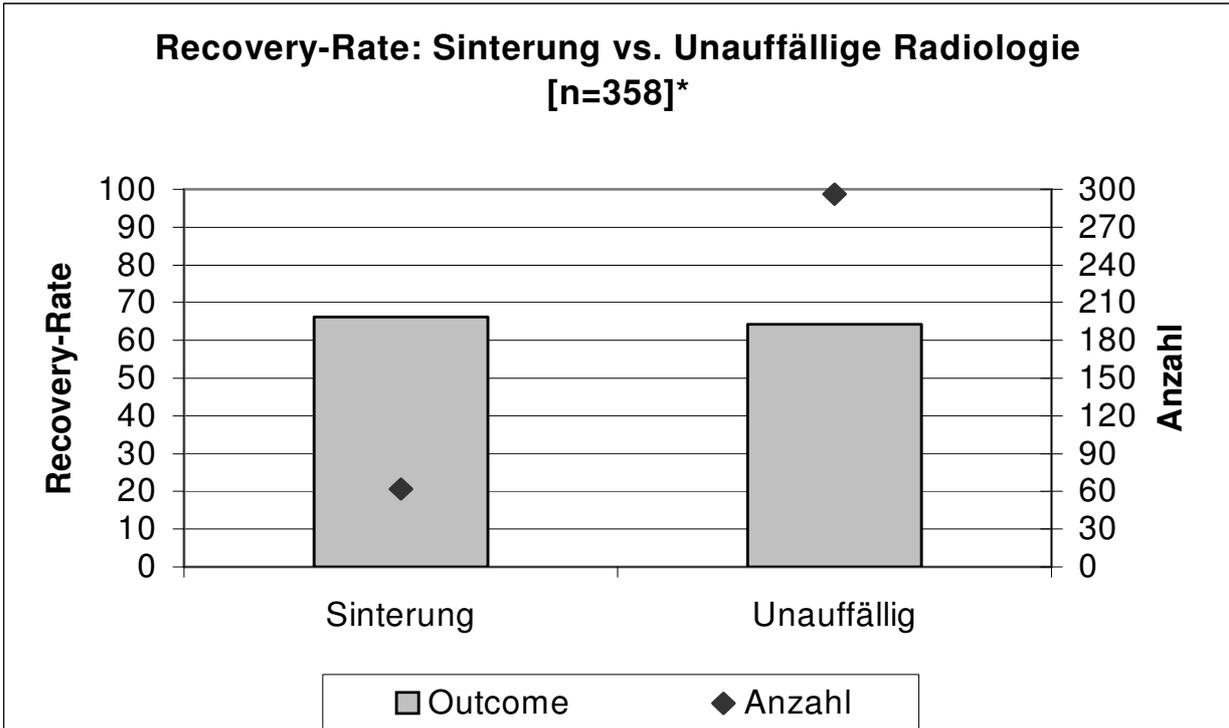


Abb. 13: Behandlungsergebnisse versus Sinterungsverhalten

8.Diskussion

Im Rahmen unserer Untersuchung konnten die Krankheitsverläufe von 368 Patienten über einen Zeitraum von 1 Jahr nach erfolgter ventraler Spondylodese verfolgt und bewertet werden. Frauen und Männer (185 weiblich, 183 männlich) verteilten sich jeweils zur Hälfte. Die am häufigsten betroffenen Altersgruppen waren Patienten vom 40. - 49. und 50.- 59. Lebensjahr, das mittlere Erkrankungsalter lag bei 49 Jahren. In der Literatur wird das durchschnittliche Alter zum Zeitpunkt der Operation in einer Spanne von 44 bis 56 Jahren angegeben (48, 51, 55, 63, 107, 117). Somit deckt sich die Altersstruktur unserer Untersuchung mit den Angaben in der Literatur. Überwiegend (83%) wurde in den Segmenten HWK 5/6 und HWK 6/7 operiert. Die Verteilung der betroffenen Halswirbelsäulensegmente entspricht der klinischen Erfahrung und ebenso den Angaben dazu in der Literatur. Es werden Operationshäufigkeiten von 86% bis 91% für die untere Halswirbelsäule angegeben (05, 49, 79, 121, 135, 150).

Unter Berücksichtigung der Patientenanzahl und der Patientenstrukturen in der verglichenen Literatur repräsentiert das im Rahmen der vorliegenden Arbeit untersuchte Klientel ein valides und repräsentatives Kollektiv.

8.1. Indizes zur Beurteilung des Outcome nach erfolgter Halswirbelsäulenoperation

Das uneinheitliche Krankheitsbild und die multifaktorielle Genese der degenerativ bedingten Erkrankungen der Halswirbelsäule machen es auch heute noch schwierig zu entscheiden, ob die Operation die richtige Therapie darstellt und wenn ja, wann und wie operiert werden soll. Um diese Fragen besser beantworten zu können, ist die Kenntnis der Prädiktoren, die das Ergebnis der Operation beeinflussen oder sogar besser voraussagen lassen, äußerst wichtig. Studien, die die ventrale Spondylodese und deren Ergebnisse untersuchen und das Ziel haben, diese Prädiktoren für das Outcome deutlich zu machen, wurden im vergangenen Zeitraum weltweit durchgeführt und in der internationalen medizinischen Literatur veröffentlicht.

Die Auswertung dieser Arbeiten gestaltet sich auf Grund der uneinheitlichen Methoden, die zur Anwendung gekommen sind, schwierig und ihre Ergebnisse sind deshalb häufig nicht oder nur eingeschränkt miteinander vergleichbar. So sind

unter Anderem die Patientengruppen nicht immer repräsentativ, nach einheitlichen Kriterien ausgewählt oder von ausreichender Größe. Es werden verschiedene statistische Verfahren zur Auswertung angewendet, das Studiendesign ist nicht einheitlich oder die Beobachtungszeiträume differieren erheblich.

Beispielhaft für die Uneinheitlichkeit der eingesetzten Methoden ist die Vielfalt der zur Anwendung gekommenen Skalen oder Scores zur Erfassung und Zusammenfassung der Symptomatik degenerativer Halswirbelsäulenerkrankungen und zur Evaluierung des Outcomes nach Operationen bei degenerativen Erkrankungen im Halswirbelsäulenbereich. Dieses Problem stellten PEOLSSON et al. (107) in einer ihrer Untersuchungen heraus. Sie ermittelten in einer prospektiv angelegten Studie die prädiktiven Faktoren für das Outcome nach ventraler Dekompression und Fusion, vergleichend für Carbon – Cage - und Cloward – Verfahren. Für 70% der Operierten eruierten sie persistierende neurologisch - klinische Probleme, festgehalten mittels analoger Schmerzskala und dem Neck Disability Index. Bei Anwendung des ODOM - Kriteriums ergaben sich dagegen nur für 44% der Patienten weiter bestehende Probleme. Die Autoren sehen die Ursache für diese Diskrepanz in der Anwendung verschiedener Erfassungsmethoden und kommen so zu der Auffassung, dass die angewendeten Erhebungsmethoden die Darstellung des Outcomes wesentlich beeinflussen.

Die folgende Aufzählung der am häufigsten in der Literatur gefundenen und in den Untersuchungen benutzten Einteilungen zur Beschreibung von Symptomatik und Verläufen verdeutlicht die Vielfalt und die unterschiedlichen Ansätze dieser Scores und erklärt die Schwierigkeit, die mit Hilfe dieser Indizes erhobenen Werte miteinander vergleichen zu können. In einigen Scores werden objektive Daten, durch Untersucher erhoben, erfasst, in anderen Einteilungen werden subjektive, durch Patientenbefragung, teilweise sogar auf telefonischem Wege ermittelte, Werte festgehalten. Die einen Tests beurteilen lediglich Schmerzintensitäten, andere wiederum allgemein gesundheitliche Bereiche und Aktivitäten des täglichen Lebens.

In der PROLO - Scale (112) wird der klinische Funktionsstatus und das Ausmaß der Arbeitsfähigkeit erfasst und jeweils 5 Graden zugeordnet, woraus sich dann die verbale Beurteilung des Behandlungsergebnisses (exzellent bis schlecht) ableiten lässt. ODOM (103) beschreibt in seinem nach ihm benannten Kriterium in einer vierstufigen Graduierung das allgemeine klinische Outcome. Die NURICK - SCALE, von LESION et al. (87) eingeführt, teilt die zervikale Myelopathie in 5 Schweregrade und erfasst dabei

die Lebensqualität des Patienten. Der OSWESTRY LOW BACK PAIN DISABILITY QUESTIONNAIRE (OSW) (27) erfasst 10 Bereiche des täglichen Lebens (Schmerz, Körperpflege, Tragen, Gehen, Sitzen, Stehen, Schlafen, Sozialkontakt und Reisen) und deren Einschränkung durch Rückenschmerz. Der Fragebogen wird vom Patienten selbst ausgefüllt und gibt somit eine subjektive Einschätzung der erfragten Bereiche des täglichen Lebens wieder. Der von VERNON und MIOR (140) eingeführte und aus dem OSW abgeleitete NECK SPEZIFIC DISABILITY INDEX (NDI) unterteilt ebenfalls 10 Bereiche, die allerdings der Pathologie der Halswirbelsäule angepasst wurden, z.B. wird der Kopfschmerz mit erfragt. Der NDI erfasst subjektiv die Lebensqualität. Der SHORT - FORM 36 (SF 36) Fragebogen (97) ist ein Instrument zur Erfassung von Therapieergebnissen mittels einer subjektiven Einschätzung gesundheitsrelevanter Lebensbereiche durch den Patienten. Der Fragebogen umfasst 36 Fragen zu acht Bereichen. Er ist kompliziert und sehr umfangreich. Ein Teil der angeführten Indizes zur Beurteilung von Therapieverläufen beruht auf der Erfassung durch Fragebögen, die selbstständig von den Patienten beantwortet werden. Diese Scores besitzen dadurch einen starken subjektiven Faktor in der Beschreibung der Behandlungsergebnisse. Die VAS (Visual Analog Scale) PAIN - SCALA (104) ist ein Messinstrument zur Quantifizierung von Schmerz. Der Patient setzt eine der Schmerzintensität entsprechenden Markierung auf einer 10 cm langen Skala. Im Gegensatz zur verbalen Beschreibung des Schmerzumfanges ist die VAS - Skala eine genaue Methode, Schmerz zu beschreiben. Er ist einfach zu erheben, erfasst aber lediglich den Schmerz. In der Literatur finden sich, wie dargestellt, verschiedene Einteilungen zur Beschreibung der degenerativ bedingten Erkrankungen der Halswirbelsäule. In unserer Untersuchung kommt der Score der Japanese Orthopedic Association (JOA - Score) (65) und die Recovery - Rate (59), die die prozentuale Veränderung des JOA - Score - Wertes erfasst, zur Anwendung. Jede Einteilung mittels Scales oder Scores birgt die Gefahr der Vereinfachung und Zusammenfassung unterschiedlicher Zustände. Dieses Problem soll folgendes Beispiel verdeutlichen.

Die Recovery - Rate für die Patientengruppe der 30 - 49 jährigen zeigte ein signifikant besseres Ergebnis als die der 50 - 69 jährigen Patienten. Trotzdem werden beide Gruppen der Beurteilung „ gutes Ergebnis“ zugeordnet. Der signifikante Unterschied in der Recovery - Rate spiegelt sich hier durch eine große Gruppenbildung (50 - 74% Verbesserung bedeutet „gutes Ergebnis“) in der verbalen Beurteilung also nicht wieder. Die Gefahr von Ungenauigkeiten besteht auch an den Grenzbereichen der gebildeten

Gruppen. 50% bedeutet ein gutes Outcome aber 49%, also nur 1% Unterschied, nur noch einen befriedigenden Verlauf. Verbal beurteilt, bedeutet diese nur 1%ige Differenz einen wesentlichen Unterschied in der Einschätzung eines Outcomes.

Die Zweckmäßigkeit eines Scores wird durch die Praktikabilität seiner Erhebung, durch seine Aussagefähigkeit zu den untersuchten Kriterien und durch die Zielstellung seiner Anwendung bestimmt. Der von uns angewandte JOA - Score, der ursprünglich zur Beschreibung der Myelopathie gedacht war, erfasst sowohl die Symptome der zervikalen Myelopathie als auch die radikuläre Symptomatik. Durch die Erfassung von umschriebenen Symptomen, nicht von Merkmalen der Lebensqualität, wie in oben angeführten Scores, eignet er sich für unsere Untersuchung, da es Ziel der Arbeit ist, Aussagen zu Prädiktoren für die Therapie zu treffen. Er ist ausführlich und genau sowie in der praktischen Anwendung schnell und einfach zu erheben und er ist zweckmäßig für Verlaufskontrollen. Sein limitierender Faktor besteht in der Unmöglichkeit, Krankheitsverläufe von Patienten mit unterschiedlichen Ausgangslagen miteinander vergleichen zu können. Um diesen Vergleich zu ermöglichen, verwendeten wir die Recovery - Rate (R - R). Sie setzt den postoperativ erreichten JOA – Score - Wert mit dem maximal erreichbaren Wert ins Verhältnis und man erhält damit eine relative Zahl, die die prozentuale Verbesserung des jeweiligen Patienten widerspiegelt.

KELLER at al. (74) gehörten zu den ersten, die im deutschsprachigen Raum den modifizierten Score der Japanese Orthopedic Association (JOA) zur Auswertung ihrer Ergebnisse gebrauchten. Der Vorteil dieser Einteilung besteht nach Meinung der Autoren darin, dass man die Summen der Defizite bewertet und nicht die genaue Symptomatik, die einen Vergleich schwierig gestalten würde. Nach einer Untersuchung zur Aussagefähigkeit und Validität des JOA - Scores im Vergleich zur japanischen Variante des Oswestry Disability Index, des Roland - Morris Disability Questionnaire und des Short - Form 36 stufen FUJIWARA et al. (34) den JOA-Score als zuverlässig und valide ein. YONENOBU et al. (147) veröffentlichten 2001 die Ergebnisse einer Untersuchung zur Zuverlässigkeit des 1994 von der Japanese Orthopedic Association eingeführten überarbeiteten JOA – Score - Systems (66). Die Autoren kamen zu dem Schluss, dass die Zuverlässigkeit des JOA - Scores als hoch einzustufen ist und seine Anwendung in Studien zu Therapie und Verlauf der zervikalen Myelopathie empfehlenswert ist. Geringere Übereinstimmung der erhobenen Werte im Verhältnis zu den anderen Kategorien realisierten sie für die Kategorien Motorik und Sensibilität der unteren Extremitäten. Die Erfahrung des Untersuchers und der Umstand, dass der

Score in verschiedenen Kliniken erhoben wurde, beeinflussen die Zuverlässigkeit nur leicht. Sie beschreiben für den 1975 postulierten JOA - Score, der in unserer Untersuchung Anwendung findet, Schwächen durch die fehlende Erfassung von motorischen Funktionen für die Schulter und den Ellenbogen, da beide vom 5. Zervikalnerv innerviert sind. Defizite in der Beurteilung ergeben sich ebenfalls durch Probleme der Punktebewertung der verschiedenen Kategorien und durch die Verhältnismäßigkeit der Bewertung zwischen den Kategorien.

Zusammenfassend kann der in vorliegender Arbeit zur Beurteilung des Outcomes benutzte JOA - Score als zuverlässig, genau, reproduzierbar sowie als einfach und schnell in der Anwendung beurteilt werden. Ein Vorteil gegenüber anderen Scores, die durch Selbsteinschätzung der Symptomatik durch die Patienten erhoben werden, liegt in dem Fakt, dass hier die Beurteilung durch einen nicht selbst betroffenen Mediziner erfolgt und dadurch die stark ausgeprägte subjektive Komponente verschiedenster Patienten keine Rolle spielt sondern nur die des Untersuchers, die wie beschrieben, das Ergebnis nur gering beeinflusst. Die fehlende Möglichkeit eines Vergleichens von unterschiedlichen Ausgangslagen der Patienten und von postoperativen Punktwerten im JOA - Score ist durch die Anwendung der Recovery - Rate möglich. Sie wurde erstmals von HIRABAYASHI et al. (58) beschrieben und zum Vergleich der operativen Resultate und postoperativen Progression der Symptome benutzt.

8.2. Behandlungsergebnisse versus Geschlecht

Die Geschlechtsverteilung in der vorliegenden Arbeit ist mit 183 Männern zu 185 Frauen nahezu identisch. Auch das Alter beider Gruppen ist mit durchschnittlich 49,01 Jahren der Männer und 49,06 Jahren der Frauen gleich. Damit ist unser Patientenkollektiv repräsentativ und gestattet eine gute Vergleichbarkeit. Obwohl die männlichen Patienten ein gering besseres Ergebnis aufzuweisen haben, sind die Krankheitsverläufe der Patienten als geschlechtsunabhängig einzustufen. Bemerkenswert ist die deutlich negativere prozentuale Veränderung der beiden Frauen mit Behandlungsergebnissen, die als „schlechter“ beurteilt wurden, im Verhältnis zu dem Mann mit dieser Beurteilung. In allen anderen Prozentgruppen, die in Recovery – Raten - Gruppen gestaffelt erfasst wurden, sind die Ergebnisse zwischen den Geschlechtern nahezu deckungsgleich. Eine mögliche Erklärung für das gleiche

Outcome von Männern und Frauen in unserer Untersuchung könnte die äußerst ähnliche Altersverteilung in beiden Kollektiven darstellen, davon ausgehend, dass das Alter als ein Prädiktor oder beeinflussender Faktor für den postoperativen Krankheitsverlauf angesehen wird. Einen Zusammenhang zwischen Geschlecht, Alter und Behandlungsverlauf stellen VESPER und MEIER (141) her. Ihrer Untersuchung zufolge bestimmt überwiegend die Dauer der praeoperativ bestehenden klinischen Symptomatik und somit der Zeitpunkt der operativen Therapie das Behandlungsergebnis beider Geschlechter gleichermaßen. Zu dem Ergebnis, dass das Geschlecht keinen Einfluss auf das Outcome nach ventraler Spondylodese hat, kommen auch andere Arbeitsgruppen. KORINTH et al. (79) führten eine retrospektive Untersuchung zum Verlauf nach ventraler Diskektomie und Fusion mittels Polymethyl Methacrylat Interponat (PMMA) oder posteriorer Foraminotomie bei Radikulopathie, verursacht durch einen soft disc oder einer Kombination aus soft und hard disc, durch. Ausschlusskriterien stellten Myelopathie und hard disc Erkrankung dar. 124 Patienten wurden ventral fusioniert, das Durchschnittsalter betrug 45,9 Jahre, 73 (58,9%) Personen waren männlich und 51 (41,1%) weiblich, womit die Kollektivzusammensetzung der unserer Untersuchung entspricht. Die Verifizierung des Outcomes, im Durchschnitt nach 72 Monaten durchgeführt, ergab keinen statistisch signifikanten Zusammenhang zwischen Geschlecht und Krankheitsverlauf. Zu einem ähnlichen Ergebnis kommen PALIT et al. (104). In einer relativ kleinen Patientengruppe mit 38 Personen, davon 22 Frauen und 16 Männer mit einem Durchschnittsalter von 42,4 Jahren wurden prospektiv Daten gesammelt. Ausschlusskriterien hierbei waren sämtliche Symptome, die auf eine Radikulopathie oder Myelopathie schließen ließen. Mit Hilfe einer Numerical Rating Scale (NRS) wurde die Schmerzintensität und mit dem Oswestry Disability Questionnaire (OSW) wurde der Funktionsstatus ermittelt. Schmerz- und Funktionszustand verbesserten sich unabhängig vom Geschlecht. In einer retrospektiv angelegten Langzeitstudie (10 - 15 Jahre) zum Verlauf nach ventraler Fusion mit PMMA bei zervikaler Radikulopathie, durchgeführt von HAMBURGER et al. (51), ermittelten die Autoren keinen Einfluss des Geschlechts auf das Outcome. ESPERSEN et al. (26) konnten ebenfalls keine Unterschiede der Resultate für Männer und Frauen nachweisen, ebenso LÖFGREN et al. (90). Sie untersuchten 43 Patienten nach.

Andere Studien kommen zu dem gegensätzlichen Ergebnis, dass das Geschlecht einen den Krankheitsverlauf beeinflussende Variable ist. PEOLSSON et al. (107,108)

untersuchten 103 Patienten nach ventraler Dekompression und Fusion entweder mit einem Carbonfiber - Cage oder mittels klassischem Cloward - Verfahren prospektiv. Ziel beider Studien war es, Prädiktoren für das postoperative Outcome herauszufiltern. Ein Ausschlusskriterium stellte die Myelopathie dar. Das Outcome wurde über einen Beobachtungszeitraum von 2 Jahren untersucht. Es war kein Unterschied im klinischen Krankheitsverlauf zwischen 1 - Jahreszeitraum und 2 - Jahreszeitraum festzustellen. Zu ähnlichen Ergebnissen kamen PEOLSSON et al. (109) auch in einer anderen Studie über einen 1 - Jahreszeitraum. Die Autoren ermittelten in ihren Arbeiten, dass das männliche Geschlecht einen Prädiktor für ein gutes klinisches Outcome darstellt (107,108). Darüber hinaus konnten sie bei Männern eine höhere knöcherner Fusionsrate feststellen als bei Frauen. Patienten mit hoher Fusionsrate weisen postoperativ eine signifikant geringere Schmerzpräsenz im Vergleich zu Patienten, die eine Pseudarthrose entwickelten, auf. Die Autoren erklären die bessere Fusionsrate der Männer im Verhältnis zu Frauen als mögliche Folge höherer Druckbelastung während der Heilung durch das höhere Gewicht des Kopfes und größerer Wirbelkörper der Männer sowie hervorgerufen durch die stärker entwickelten Nackenmuskeln beim männlichen Geschlecht (108,106). DOWD et al. (21) verglichen in einer prospektiven Studie die Ergebnisse nach ventraler Diskektomie mit und ohne Fusion und stellten ebenfalls fest, dass die Frauen eine geringere Rate erfolgreicher Fusion, verglichen mit den Männern, aufwiesen (28 von 37 vs. 24 von 25). Sie trafen keine Aussage dazu, ob die verschiedenen Fusionsraten unterschiedliche klinische Auswirkungen hervorriefen. Auch ERIKSEN et al (25) kamen zu dem Schluss, dass das weibliche Geschlecht einen Prädiktor für ein schlechteres postoperatives Outcome darstellt. VESPER und MEIER (141) konnten in der Untersuchung zu potentiellen Unterschieden zwischen Männern und Frauen sowohl präoperativ als auch postoperativ keine wesentlichen Differenzen feststellen. Jedoch ließen sich signifikante Veränderungen im Langzeitverlauf (Untersuchungszeitraum bis zu 12 Jahren), beobachten. Hier schnitten die Frauen wesentlich schlechter ab als die Männer, insbesondere im Vergleich der prozentualen Verbesserung (Recovery - Rate 40% der Frauen vs. 60% der Männer). Die Autoren machen dafür am ehesten soziale Probleme der Frauen verantwortlich.

Die diskutierte Literatur zeigt keinen einheitlichen Trend. Die Rolle des Geschlechts für den postoperativen Verlauf wird unterschiedlich bewertet. Einige Autoren sehen im männlichen Geschlecht eine Voraussetzung für ein besseres Outcome, andere sehen keine geschlechtsspezifischen Unterschiede. Zu bemerken ist, dass die Mehrzahl der

Studien, die den postoperativen Verlauf nach ventraler Spondylodese bei degenerativen Erkrankungen der Halswirbelsäule zum Inhalt haben, das Outcome nicht hinsichtlich möglicher Unterschiede zwischen Frauen und Männern untersuchten und geschlechtsspezifisch bewerteten.

8.3. Behandlungsergebnisse und Lebensalter

Die Auswertung der Untersuchungsergebnisse dieser Arbeit ein Jahr post operationem macht folgenden Trend deutlich: Je älter die Patienten sind, um so geringer fällt die prozentuale Verbesserung zwischen dem praeoperativen und postoperativen JOA – Score - Wert aus, das bedeutet, mit zunehmendem Alter verschlechtert sich das Outcome. Eine Ausnahme in diesem Trend unserer Untersuchung bildet die Altersgruppe der 70 - 79 jährigen Patienten, die mit 5 Patienten eine sehr geringe Anzahl aufweist und somit nur eingeschränkt repräsentativ ist. Zu Gunsten eines besseren Vergleichs zwischen alten und jungen Patienten erwies es sich als sinnvoll, Untergruppen zu bilden. Dazu unterteilten wir das Patientenkollektiv in zwei Altersgruppen, 30 - 49 Jahre alt und 50 - 69 Jahre alt. Wir ermittelten für die Jüngeren ein signifikant besseres Outcome mit einer Recovery - Rate von 68,72% im Vergleich zu den Älteren mit einer prozentualen Verbesserung von 58,36%. Ein höheres Alter führt entsprechend unserer Untersuchungsergebnisse überwiegend zu einem schlechteren postoperativen Verlauf. Somit stellt das Alter einen wichtigen prognostischen Faktor für die Beurteilung des Krankheitsverlaufes nach ventraler Spondylodese bei degenerativen Erkrankungen der Halswirbelsäule dar. Dieses Ergebnis und diese Schlussfolgerung finden sich auch in mehreren Arbeiten anderer Autoren wieder.

In ihrer Untersuchung zum Langzeitverlauf bei operierten Patienten mit degenerativen Erkrankungen der Halswirbelsäule verglichen VESPER und MEIER (141) die Ergebnisse der Gesamtpopulation mit denen von Patienten, die älter als 60 Jahre waren. Bereits die Ausgangslage der älteren Patienten war signifikant schlechter, d.h. die neurologische Symptomatik war sehr weit fortgeschritten und der durchschnittliche Ausgangswert im JOA - Score entsprechend gering. Die Recovery - Rate, welche die relative, also prozentuale Verbesserung widerspiegelt, ist bei den älteren Patienten weitaus geringer. Auf diese Weise ergeben sich signifikante Unterschiede im

Langzeitergebnis der älteren Patienten im Vergleich zur Gesamtpopulation. Sie stellten auch fest, dass ältere Patienten deutlich später zur Diagnostik und zur operativen Therapie kommen als jüngere Patienten. Es ergaben sich signifikante Unterschiede in der Anamnesedauer. Die Dauer der Symptomatik hat wiederum Einfluss auf die Behandlungsergebnisse (140). Weitere Autoren, wie z.B. KORINTH et al. (79) verbinden eine kürzere Dauer der praeoperativen Symptome signifikant mit einem besseren postoperativen Outcome. YONENOBU (146) beschreibt die Dauer des Bestehens der Myelopathie bis zur Operation als einen äußerst wichtigen prognostischen Faktor für das chirurgische Outcome. HEIDECKE et al. (55) weisen in ihrer Untersuchung für Patienten mit zervikaler Myelopathie, deren Symptome weniger als ein Jahr praeoperativ andauerten, ein besseres Outcome als für jene Patienten, deren Symptomatik länger als 1 Jahr praeoperativ vorhanden war, nach. Unter Berücksichtigung dieses Aspektes, dass längere Anamnesen zu schlechteren postoperativen Ergebnissen führen und längere Anamnesen vorwiegend bei älteren Patienten vorkommen, kann man schlussfolgern, dass ein höheres Alter zum Zeitpunkt der Operation oft mit einem schlechteren Behandlungsergebnis verbunden ist.

LESION et al. (87) berichteten, dass die Ergebnisse bei Patienten, deren Alter mehr als 60 Jahre betrug, signifikant schlechter waren, als die der jüngeren Patienten. Die Ursache sehen die Autoren vor allem in dem naturgemäß reduzierten Allgemeinzustand und dem damit erhöhten operativen Risiko sowie in der vaskulären Komponente beim Fortschreiten der Symptomatik. HIRABAYASHI (58) äußerte sich ähnlich. Er bemerkte, allerdings ohne statistische Signifikanz, dass für Patienten unter 60 Jahren die Erholungsfähigkeit des Rückenmarkes besser ist als bei Patienten über 65 Jahren. Zudem besteht bei älteren Patienten häufiger eine längere Symptombdauer und ein schlechterer Gefäßstatus. HEIDECKE et al. (55) untersuchten 106 Patienten mit zervikaler Radikulopathie oder Myelopathie nach erfolgter Cloward - Operation. Für die Radikulopathiepaiten konnten sie keinen Zusammenhang zwischen Alter und Outcome erkennen, wohl aber bei den Patienten mit Myelopathie, hier zeigten die Patienten unter 40 Jahren ein signifikant besseres Outcome. Das Durchschnittsalter der wegen einer zervikalen Spinalstenose operierten Patienten ermittelten KOKUBUN et al. (78) mit 60 Jahren. Sie schließen daraus, dass es sich bei der Spinalstenose hauptsächlich um eine Erkrankung des älteren Menschen handelt.

In vielen Untersuchungen ist nachgewiesen worden, dass die Operationsergebnisse bei zervikaler Myelopathie schlechter ausfallen als die bei zervikaler Radikulopathie.

VESPER und MEIER (141) fanden in ihrem Patientenkollektiv bei einer differenzierten Betrachtung des Outcomes für Patienten mit Myelopathie und Radikulopathie einen deutlichen Unterschied zugunsten der Patienten mit Radikulopathie. MATGÈ und LECLERCG (94) bestätigen diese Ergebnisse. Sie fanden nach 12 Monaten bei 95% der wegen Radikulopathie Operierten gute bis exzellente Ergebnisse, verdeutlicht an der vorhandenen Schmerzintensität, aber nur bei 50% der Patienten mit Myelopathie. Der Zusammenhang, dass die zervikale Myelopathie hauptsächlich ältere Patienten betrifft und dass die postoperativen Verläufe bei zervikaler Myelopathie schlechter ausfallen, lässt die Schlussfolgerung zu, dass Patienten mit höherem Alter pathogenetisch bedingt eher ein schlechteres Outcome entwickeln können als junge Patienten.

Es ist bekannt und nachgewiesen, dass „weiche“ Bandscheibenvorfälle bevorzugt junge Patienten betreffen und eher akut auftreten. ENGELHARDT et al. (24) stellen fest, dass Patienten mit Osteochondrose signifikant älter als Patienten mit Bandscheibenvorfällen sind und dass Patienten mit Bandscheibenvorfällen signifikant seltener als andere Patienten eine Myelopathie entwickeln. In ihrer Untersuchung profitierten von der operativen Therapie am besten Patienten mit einem Bandscheibenvorfall. Weniger deutlich war die Besserung bei Osteochondrose oder einer Kombination beider Pathologien. In der Untersuchung von VESPER und MEIER (141) ergaben sich signifikante Differenzen zwischen den Gruppen mit „weichen“ und „harten“ Vorfällen, sowohl in der postoperativen Bewertung im JOA - Score, als auch in der Recovery - Rate. Die Ursache für das schlechtere Outcome in der Osteochondrosegruppe sehen die Autoren in dem höheren Anteil von Patienten, die Zeichen einer zervikalen Myelopathie aufwiesen. Die Pathomorphologie „harter“ Bandscheibenvorfall verursacht häufiger ein schlechteres postoperatives Ergebnis, respektive entwickeln ältere Patienten wiederum wahrscheinlicher geringere Behandlungserfolge nach Operationen. Auch KOYANAGI et al. (80) konnten hinsichtlich des Operationsergebnisses einen Zusammenhang zwischen dem Alter und dem postoperativen JOA - Score feststellen. Mit zunehmendem Alter sank der postoperative Score - Wert. Für andere klinische Faktoren ergab sich keine Korrelation. Nach LUNSFORD et al. (92) haben das Alter der Patienten, die Dauer der Symptomatik und der vorher bestehende Schweregrad der Erkrankung einen wesentlichen Einfluss auf die chirurgischen Ergebnisse.

Zu dem Ergebnis, dass das Lebensalter keinen Einfluss auf den postoperativen Verlauf hat, kommen andere Autoren, wie HAMBURGER et al. (51) in ihrer

Langzeituntersuchung zum Outcome nach ventraler Fusion bei zervikaler Radikulopathie. HASEGEWA et al. (54) untersuchten 50 Patienten bis zum 60. Lebensjahr und 40 Patienten ab dem 70. Lebensjahr, die sich verschiedenen Operationsmethoden (anteriore zervikale Fusion, Laminoplastie, Laminektomie) bei zervikaler Myelopathie unterzogen hatten nach. Sie stellten fest, dass die Patienten beider Gruppen vergleichbare Outcomes entwickelten, unabhängig vom Alter und der jeweiligen operativen Prozedur. Allerdings registrierten sie in der älteren Gruppe häufiger postoperative neurologische Komplikationen, die durch die im Alter stärker vorhandenen Komorbiditäten bedingt waren. Auch IKEDA et al. (64) konnten in ihrem Patientengut keine Korrelation der Operationsergebnisse mit dem Alter der Patienten, jedoch mit der Dauer der Krankheit nachweisen. Die gleiche Ansicht vertreten GUIDETTI und FORTUNA (46). Ihnen erschien das Alter der Patienten und der Schweregrad der Symptomatik wenig bedeutsam für die Prognose zu sein. KORINTH et al. (79) konnten einen Zusammenhang zwischen höherem Alter und schlechterem Verlauf in ihrer Arbeit ebenfalls nicht bestätigen. KLEIN et al. (76) kommen in ihrer Untersuchung auch zu der Auffassung, dass das Alter keinen Einfluss auf das Outcome hat. EBERSOLD et al. (22) konnten keinen Einfluss des Lebensalters feststellen, wohl aber die Dauer des Bestehens der präoperativen Symptome als wesentlichen Prädiktor für das Outcome eruieren.

Die mehrheitlich vorhandene Auffassung in der Literatur besteht darin, dass ein fortgeschrittenes Alter eine ungünstige Voraussetzung für ein gutes Outcome nach ventraler Spondylodese bei degenerativen Halswirbelsäulenerkrankungen darstellt. Die überwiegende Anzahl der Autoren, die das Alter als mögliche Einflussgröße auf den postoperativen Verlauf untersucht haben, kommen zu diesem Schluss und wir sehen damit die Ergebnisse unserer Studie, je höher das Alter, umso schlechter das Outcome, bestätigt.

Es ist bekannt und mehrfach veröffentlicht, dass lange Anamnesen, also lange Zeit praeoperativ vorhandene Symptomatiken, bestimmte verursachende Pathologien, wie Osteochondrose und das Vorhandensein einer zervikalen Myelopathie, häufiger bei Patienten mit höherem Alter auftreten. Die Symptome von Patienten, bei denen diese Faktoren relevant sind, verbessern sich weniger nach der operativen Therapie. Somit ergibt sich ein Zusammenhang dergestalt, dass bestimmte mit einem höheren Alter vergesellschaftete Faktoren mit einem schlechteren Behandlungsergebnis verbunden

sind. Daraus lässt sich schlussfolgern: Ein hohes Lebensalter ist wahrscheinlicher mit einem schlechteren Outcome verbunden.

Im Abschnitt 7.2. stellten wir dar, dass Operationen der mittleren Halswirbelsäule ein schlechteres Outcome aufweisen als Operationen der unteren Halswirbelsäule. Patienten unseres Untersuchungsklientels, die in den Segmenten HWK 3/4 und 4/5 fusioniert wurden, sind deutlich älter (Mittel 53 Jahre) als die Patienten mit Operationen der Segmente HWK 5/6 und 6/7 (46 Jahre). Diese Ergebnisse lassen die Vermutung zu, dass Patienten mit höherem Lebensalter auch bedingt durch die Höhenlokalisierung der Pathologie ein schlechteres Outcome entwickeln.

Die Konsequenz aus diesen Ergebnissen und dieser Erkenntnis sollte nicht dazu führen, dass ältere Patienten nicht mehr operiert werden, sondern früher als bisher und dass diesen Patienten besondere Aufmerksamkeit und Sorgfalt zukommt. Im Falle einer Operation müssen die praeoperative Diagnostik und die notwendigen Vorbereitungen interdisziplinär so gründlich wie möglich durchgeführt werden, um einerseits das operative Risiko zu minimieren und andererseits die häufiger als beim jungen Menschen in Frage kommenden Differentialdiagnosen zu erkennen. Zusätzlich besteht die Notwendigkeit einer optimalen Nachbetreuung der älteren Patienten, einer intensiven krankengymnastischen Beübung inklusive Atem - und Kreislauftherapie und einer schnellen Mobilisierung.

8.4. Krankheitsverläufe bei mono - und bisegmentaler Operation

In unserer Untersuchung weisen die monosegmental fusionierten Patienten ein deutlich besseres Outcome als die bisegmental operierten Patienten auf. Die mittlere Recovery - Rate der monosegmental operierten Patienten beträgt 67%, die der bisegmental Operierten 58%.

CAUTHEN et al. (18) untersuchten 348 Patienten nach erfolgter Cloward – Operation. Sie stellten fest, dass es einen signifikanten Zusammenhang zwischen der Anzahl der operierten Segmente und dem Fusionsstatus gibt. Bei monosegmentalen Operationen ermittelten sie eine Fusionsrate von 88%, bei multisegmentalen Operationen von 75%. Den Fusionsstatus verbinden sie wiederum signifikant mit der Patientenzufriedenheit, die mittels einer 4 – Punkte - Skala erfragt wurde. Patienten mit erfolgreicher Fusion präsentierten eine Zufriedenheitsrate von 80% im Vergleich zu Patienten ohne

erfolgreiche Fusion mit einer Rate von 68%. Die Autoren stellen somit über eine bessere Fusionsrate für monosegmentale Operationen im Vergleich zu bisegmentalen Fusionen einen Zusammenhang zwischen der Anzahl der operierten Segmente und dem Outcome her. HWANG et al. (63) weisen in einer Analyse des Outcomes nach Fusionsoperation signifikant unterschiedliche Schmerzreduktion, registriert an Hand der VAS - Skala, für ein -, zwei - und dreietagige Operationen nach. In dieser Untersuchung besserte sich der Nackenschmerz bei bisegmental operierten Patienten deutlicher als bei monosegmental Operierten. Das neurologische Outcome wurde nicht in Relation zur Anzahl der operierten Segmente ermittelt.

PEOLSSON et al. (108) erkannten, dass die monosegmentale Operation einen signifikanten Prädiktor für eine knöchernen Fusion darstellt, die Anzahl der operierten Höhen aber keinen Einfluss auf das klinische Outcome hat. In einer vergleichenden Untersuchung der Operationsergebnisse von ventraler Fusion mit Knochendübeln zu ventraler Fusion mittels Cage beschreibt HACKER (48) geringere Fusionsraten im Ergebnis der beiden Operationsverfahren für die bisegmentale Fusion. Im Falle der Operation mit Knochendübel ermittelt er für die monosegmentalen Operationen Fusionsraten von 93%, für die beiden bisegmentalen Operationen mit Knochendübel Fusionsraten von 100%. Für die monosegmentalen Cage - Operationen ermittelt er zu 100% solide Fusion und 67 - 50% Fusionsraten findet er im Falle der bisegmentalen Cage - Operationen. Eine Bewertung des Einflusses der unterschiedlichen Fusionsraten auf das Outcome erfolgte nicht. In einer anderen prospektiven Studie beschreiben HACKER et al. (49) bessere Fusionsraten für monosegmentale Operationen im Verhältnis zu bisegmentalen Operationen, auch hier ohne dabei das Outcome zu bewerten. DOWD et al. (21) sehen keinen Zusammenhang zwischen Operationen in einem oder zwei Segmenten. Sie untersuchten jedoch nicht den Einfluss auf das Outcome.

HEIDECKE et al. (55) finden keinen signifikanten Zusammenhang zwischen der Anzahl der operierten Segmente und einer entstandenen Deformität der Halswirbelsäule nach Cloward - Operation. Bezüglich der Anzahl der operierten Segmente erkennen sie auch keinen Unterschied im isolierten Auftreten von Komplikationen wie Interponat kollaps oder Interponatdislokation und Pseudarthrose. Jedoch bei gemeinsamer Betrachtung dieser Komplikationen, zeigt sich ein signifikanter Zusammenhang zwischen ihrem Auftreten und der Anzahl der fusionierten Segmente. Diese neuroradiologischen Befunde korrelieren aber nicht mit klinischen Symptomen. KATSUURA et al. (73), die

eine sich postoperativ entwickelte Kyphose der Halswirbelsäule und des fusionierten Segments als begünstigenden Faktor für degenerative Veränderungen in den Nachbarsegmenten ansehen, fanden eine lokale Kyphose des fusionierten Segmentes bei nur 13% der monosegmental fusionierten Patienten aber bei 53% der bisegmental operierten Patienten. Die genau konträre Auffassung, dass das Risiko für eine Erkrankung im Nachbarsegment signifikant geringer ist nach einer multisegmentalen Fusion als nach einer monosegmentalen Fusion, vertreten HILIBRAND et al. (57).

In der Untersuchung von EBERSOLD et al. (22) zum Langzeitverlauf nach operativer Therapie der zervikalen spondylogenen Myelopathie beeinflusst die Anzahl der operierten Segmente den postoperativen Verlauf nicht. Es wurden Operationen in einer und zwei Etagen durchgeführt und das Outcome mittels Nurick - Scale bewertet. Die Ergebnisse der Untersuchung von ZOEGA et al. (151) lassen die Schlussfolgerung zu, dass die Operation in zwei Segmenten bessere Ergebnisse erreicht als die monosegmentale Operation. Sie konnten in ihrer Untersuchung nach ventraler Fusion mit und ohne Platte bei Operationen in einem Level für keinen der benutzten Scores eine signifikante Verbesserung feststellen. Interessanterweise waren trotzdem 81% der Patienten mit dem Behandlungsergebnis zufrieden. In der Gruppe mit Operationen in zwei Segmenten verbesserten sich dagegen die Werte aller angewendeten Scores.

Die Ergebnisse der zitierten Arbeiten verdeutlichen, dass es in der Literatur bisher nur wenige, zudem widersprüchliche und bedingt vergleichbare Aussagen über einen möglichen Zusammenhang zwischen der Anzahl der operierten Segmente und dem postoperativen Outcome gibt. Es ist für die ventrale Spondylodese generell akzeptiert, dass eine röntgenologisch nachgewiesene knöcherne Fusion Voraussetzung für das Erreichen eines idealen klinischen Outcomes ist (118). Entsprechend häufig werden in den Untersuchungen die knöchernen Fusionsraten zur Verlaufsbeobachtung und zur Beurteilung des Therapieerfolges ermittelt und ausgewertet. Obwohl die knöcherne Fusion das allgemein anerkannte Ziel der Neurochirurgen darstellt, gibt es dafür kein einheitliches Beurteilungskriterium. FOUNTAS et al. (29) bemerken, dass das Fehlen eines allgemein akzeptierten und genau definierten Kriteriums zur Beurteilung der Fusion den Vergleich von Fusionsergebnissen verschiedener Studien allerdings schwierig macht. Sie vertreten die Meinung, dass auf Grund der Subjektivität der Definition einer Fusion die Erfassung des klinischen Outcomes von erheblicher Bedeutung ist.

Es gibt auch Autoren, die das Outcome nicht von einer erfolgreichen knöchernen Fusion abhängig machen. In der Untersuchung von LÖFGREN et al. (90) zeigen die Patienten ohne erfolgte Fusion trotzdem exzellente klinische Ergebnisse. Die Patienten haben keinen Schmerz oder erneut auftretende neurologische Symptome. Auch SAVOLAINEN et al. (121) vertreten die Meinung, dass für ein gutes klinisches Outcome eine solide knöchernen Fusion möglicherweise nicht notwendig ist und eine bindegewebige Fusion dafür ausreichend erscheint.

In den zur Diskussion herangezogenen Arbeiten, die Angaben zur knöchernen Fusion enthalten, werden selten mono - und bisegmentale Operationen hinsichtlich ihrer Fusionsraten verglichen, noch wird ein damit im Zusammenhang stehender möglicher Einfluss auf das Outcome untersucht. Auf Grund der diesbezüglich knappen Datenlage gestaltet sich ein Vergleich der Ergebnisse unserer Arbeit mit denen anderer Untersuchungen äußerst schwierig.

Andere nachgewiesene gute Ergebnisse für monosegmentale Operationen im Vergleich zu bisegmentalen Eingriffen, wie eine geringere postoperative Kyphose oder weniger neuroradiologische Komplikationen, haben auf Grund der fehlenden Untersuchung ihres Einflusses auf das Behandlungsergebnis ebenso nur bedingt Aussagekraft für die Beurteilung des Outcomes nach ventraler Spondylodese. Hierzu bemerken PERLICK et al. (110), dass der Einfluss des zervikalen Alignments auf die klinischen Verläufe bislang noch unzureichend geklärt ist.

Das Ergebnis unserer Untersuchung, dass monosegmentale Fusionen zu einem besseren Outcome führen als bisegmentale Operationen, kann in der Literatur nur vereinzelt wiedergefunden werden, sicher auch deswegen, da, wie erwähnt, dieser Zusammenhang bisher kaum untersucht wurde. Weitere Studien, die speziell die Untersuchung des Outcomes vergleichend nach mono - und bisegmentalen Operationen zum Inhalt haben, wären aus diesem Grund wünschenswert und notwendig, um diesen Zusammenhang genauer darzustellen und die Ursachen für unterschiedliche Krankheitsverläufe zu klären.

8.5. Outcome nach Halswirbelsäulenabschnitten

Für die Auswertung der Ergebnisse unserer Untersuchung teilten wir die Halswirbelsäule in zwei Abschnitte, die mittlere Halswirbelsäule mit den Segmenten

HWK 3/4 und 4/5 und die untere Halswirbelsäule mit den Segmenten HWK 5/6 und 6/7. Durch diese Unterteilung und Zusammenfassung der Segmente in Segmentgruppen ist der unterschiedliche postoperative Verlauf in den verschiedenen hohen Halswirbelsäulenabschnitten besser darstellbar und sie entspricht den klinischen Erfahrungen. Unsere Studie weist im Falle der monosegmentalen Operationen für den mittleren Abschnitt ein signifikant schlechteres Outcome aus als für den unteren Halswirbelsäulenbereich. Der Segmentbereich HWK 5/6 - 6/7 stellt mit 210 (83%) durchgeführten Operationen den weitaus häufiger betroffenen Abschnitt dar, im Vergleich zum Segmentbereich HWK 3/4 - 4/5 mit nur 38 Operationen (15%). Eine deutliche Überzahl an Operationen in den Segmenten HWK 5/6 und HWK 6/7 im Vergleich zu HWK 3/4 und 4/5 findet sich ebenfalls in Untersuchungen anderer Autoren zum postoperativen Verlauf, so dass die von uns beobachtete Verteilung der Operationslokalisationen repräsentativ erscheint. BÄRLOCHER et al. (05) untersuchten 125 Patienten prospektiv und identifizierten 86% der operativen Eingriffe (C 6 - 7, 55%; C 5 - 6; 31%) in der unteren HWS. 91% der 292 ventralen Fusionen führten KORINTH et al (79) in den Segmenten C 6 - 7 (48%) und C 5 - 6 (43%) durch. Bei TÜREYEN (135) findet sich folgendes Ergebnis: 46% der Patienten wurden im Segment C 5 - 6, gefolgt von C 4 - 5 mit 42% operiert. In der Arbeit von HACKER et al. (49) waren die meisten Operationen eines Segmentes in C5 - C6 mit 55% und C6 - C7 mit 35%, zusammen 90%, lokalisiert. ZEVGARIDES et al. (150) operierten 66% der Patienten in den Segmenten C 5 - 6 (44%) und C 6 - 7 (22%). Bei SAVOLAINEN et al. (121), die drei Operationsmethoden verglichen, waren 88% der Pathologien in den Segmenten der unteren HWS lokalisiert (C 5 - 6, 36%; C 6 - 7, 52%). LIN et al. (89) untersuchten mit 34 Patienten eine relativ kleine Anzahl nach Fusionsoperation in einem Segment und ermittelten eine andere Verteilung. Sie fanden mit 14 Fällen die größte Anzahl von Läsionen im Segment C 4 - 5 (41%), gefolgt von C 5 - 6 (26%), C 3 - 4 (20%) und C 6 - 7 (12%). In dieser Untersuchung überwiegen somit die Erkrankungen in der mittleren Halswirbelsäule (61%), vergleichend zu 38% der unteren HWS. Eine Zusammenfassung der zitierten Ergebnisse zeigt nachfolgende Übersicht (Tab.: 1).

Operationshäufigkeit der unteren HWS (HWK 5/6 und 6/7)	
Ergebnisse vorliegender Untersuchungen	83%
Bärlocher et al. (05) 2002	91%
Hacker et al. (49) 2000	90%
Korinth et al. (79) 2006	91%
Savolainen et al. (121) 1998	88%
Türeyen (135) 2003	88%
Zevgarides et al. (150) 2002	88%
Lin et al. (89) 2003	38%

Tabelle 1

In unserem Patientenkollektiv paart sich im Bereich HWK 5/6 - 6/7 ein höheres Vorkommen der operativ behandelten degenerativen Halswirbelsäulenerkrankung mit einem besseren postoperativen klinischen Ergebnis. Für die mittlere Halswirbelsäule ermittelten wir eine Recovery - Rate von 51,66%, für die untere Halswirbelsäule 69,89%. Es stellt sich die Frage, wieso der Halswirbelsäulenabschnitt mit der höchsten Erkrankungshäufigkeit gleichzeitig den Bereich mit den besseren Krankheitsverläufen darstellt.

Eine mögliche Erklärung liegt im Pathomechanismus der degenerativen Halswirbelsäulenerkrankungen begründet. Die Entstehung dieser Halswirbelsäulenerkrankungen unterliegt verschiedenen Einflüssen, wie anatomischen (anlagebedingten), kompressiven – mechanischen (statisch/dynamisch) und vaskulären Faktoren (141). Diese krankheitsbeeinflussenden Faktoren sind in den verschiedenen Halswirbelsäulenabschnitten in unterschiedlichem Maße präsent. Der Bereich der Halswirbelsäule, in dem die pathomechanisch relevanten Faktoren im größten Maße

ausgeprägt sind und die Gewebe am stärksten beeinflussen, müsste auch der Abschnitt sein, der bei Veränderung dieser Faktoren am sensibelsten reagiert. Das bedeutet, dass durch Entfernen einer oder mehrerer der Pathologie zu Grunde liegenden Faktoren durch eine entsprechende operative Therapie in diesem Halswirbelsäulenabschnitt auch ein Abklingen der Symptome im besonderen Maße zu erreichen sein müsste. Ziel der zervikalen Spondylodese ist es, die erkrankten neuralen Strukturen zu dekomprimieren und die erreichte Entlastung zu stabilisieren. Dies soll mit möglichst geringem Einfluss auf die physiologischen Funktionen und Abläufe der Halswirbelsäule erreicht werden. Das wird in den Bereichen der Wirbelsäule am besten geschehen können, in denen durch die wirbelversteifenden Effekte der Spondylodese am wenigsten die normalen Funktionen und vor allem Bewegungsabläufe der Wirbelsegmente beeinträchtigt werden.

Die untere Halswirbelsäule ist anatomisch wie physiologisch prädestiniert im höheren Maße degenerative Erkrankungen zu entwickeln als die mittlere Halswirbelsäule. Sie ist, anatomisch bedingt, der beweglichste Abschnitt der Halswirbelsäule, sowohl in Flexion/Extension, als auch in der Seitwärtsneigung. Die Beweglichkeit ist vor allem durch die Orientierung und durch die räumliche Ausdehnung der Gelenkfortsätze determiniert. Die Procc. articulares sind in den oberen Abschnitten flacher ausgerichtet und werden auf Höhe C6 und C7 wesentlich steiler. Naturgemäß wird nicht nur das Zentrum der Rotation, sondern auch der Ablauf der übrigen Bewegungen dadurch beeinflusst. Die Unkovertebralgelenke bzw. die Nearthrosen (Traggelenke) übernehmen vor allem die Funktion bei Seitneigung (81). Infolge der physiologisch hohen Beweglichkeit der kaudalen Halswirbelsäule kann es bei Vorhandensein von Osteophyten schon im Rahmen normaler Bewegungen in den unteren Segmenten zu pathologischen Kompressionen neuronaler Strukturen kommen. Dieser Effekt wird stärker auftreten, wenn zusätzlich, degenerativ bedingte, segmentale Instabilitäten vorhanden sind.

Die Größe der Wirbelkörper nimmt nach kaudal zu, der Durchmesser des Wirbelkanals dagegen ab. HUKUDA et al. (61) ermittelten eine kleinere Kanal – Körper - Ratio bei Männern im Verhältnis zu Frauen als einen signifikanten Risikofaktor für die zervikale Myelopathie. Diese Kanal – Körper - Ratio ergibt sich als Quotient aus saggitalem Wirbelkanaldurchmesser und saggitalem Wirbelkörperdurchmesser. Die von den Autoren ermittelten Werte für höher und tiefer gelegene Segmente ergeben exemplarisch für C3 männlich 0,92, weiblich 1,05 und für C7 männlich 0,85, weiblich

0,93. Es errechnen sich nach diesem System kleinere Quotienten für das untere Segment. In Analogie kann man daraus schließen, dass in der unteren Halswirbelsäule ein höheres Risiko für das Auftreten einer Myelopathie besteht. Nach Ergebnissen einer anderen Studie von HUKUDA et al. (62) stellt ein großer Wirbelkörper zusätzlich zu einem verengten Wirbelkanal ein Risikofaktor für die Entwicklung einer zervikalen Myelopathie dar. Die Autoren sehen die Ursache darin begründet, dass große Wirbelkörper mit großen Osteophyten und großen Diskusprotrusionen vergesellschaftet sind. Im unteren Abschnitt der Halswirbelsäule können also erhöhte Beweglichkeit, ungünstige Größenverhältnisse von Wirbelkanal zu Wirbelkörper und große Osteophyten oder Diskusprotrusionen vergesellschaftet auftreten und somit das Entstehen einer Kompression des Myelons oder von Spinalnervenwurzeln begünstigen. Für eine vaskuläre Komponente des gehäuften Auftretens degenerativer Erkrankungen, besonders der zervikalen Myelopathie, in den Segmenten C5 bis C7 spricht der Sachverhalt, dass in diesem Abschnitt der Halswirbelsäule die Blutversorgung am schwächsten ausgebildet ist (28, 42, 139).

WANG et al. (142) beschreiben statische und dynamische Faktoren als Ursache der Myelonkompression. Sie erklären, begründet durch die verminderte Beweglichkeit des degenerativ erkrankten Segmentes, wirken dort nur statische Kompressionsmomente auf das Rückenmark ein. An diese statische Kompression ist das Myelon adaptiert und dadurch soll es nicht zur Entwicklung von schweren Symptomen kommen. Darüber liegende, nicht degenerativ veränderte, Segmente entwickeln eine erhöhte Beweglichkeit. Sie führt in diesem Bereich während Flexion - Extension durch Diskusvorwölbung zu einer verstärkten Kompression des Rückenmarks mit entsprechender Symptomatik. Diese dynamisch verursachte Rückenmarkskompression, vom benachbarten Segment ausgehend, stellt die wesentliche Ursache für das Auftreten von Symptomen dar. Aus diesem Gedankengang leitet sich ein Erklärungsversuch für die besseren Operationsergebnisse im Bereich der unteren Halswirbelsäule ab. Die mit der zervikalen Spondylodese erreichte knöcherne Fusion führt zwangsweise zu einer Änderung des Bewegungsablaufes, das heißt zu einer Bewegungseinschränkung im fusionierten Wirbelsäulensegment. In den benachbarten Segmenten kommt es kompensatorisch bedingt zu einer erhöhten Beweglichkeit. Das kann, wie beschrieben, zu entsprechenden Symptomen führen. Durch den Übergang des unteren Halswirbelsäulenabschnittes zur naturgemäß schon steiferen Brustwirbelsäule sind

diese Bewegungsveränderungen in diesem Bereich nicht so stark ausgeprägt. Die kaudal benachbarten Wirbelsäulensegmente haben hier also postoperativ nicht solch gravierende Veränderungen zu kompensieren und ihre Beweglichkeit wird sich nicht in einem starken Ausmaß erhöhen können. Halswirbelsäulensegmente über und unter operierten Segmenten des mittleren Abschnittes haben dagegen stärkere Bewegungsveränderungen auszugleichen. Dieser Sachverhalt könnte die besseren Behandlungsergebnisse von Fusionsoperationen in der unteren Halswirbelsäule im Vergleich zum mittleren Abschnitt teilweise erklären.

Begleitend zu den besonderen anatomischen Gegebenheiten in der unteren Halswirbelsäule, die dazu führen, dass es schon bei physiologischen Belastungen zur Ausbildung von Symptomen kommen kann, existieren andere Einflussgrößen. Wie in Abschnitt 7.3. dargestellt, ermittelten wir in unserer Untersuchung einen statistisch signifikanten Zusammenhang zwischen dem Lebensalter und dem Operationsergebnis derart, dass ein höheres Alter mit einem schlechteren Outcome vergesellschaftet ist. Diese Feststellung findet sich in Übereinstimmung mit dem Großteil der zum Vergleich der Ergebnisse herangezogenen Literatur. In unserem Patientenkollektiv ist hinsichtlich der Altersverteilung und des Operationsabschnittes folgender Sachverhalt zu beobachten: Das Durchschnittsalter der Patienten mit monosegmentalen Spondylodesen im unteren Halswirbelsäulenabschnitt (HWK 5/6 und 6/7) beträgt 46 Jahre, das der Patienten mit Operationen der mittleren Halswirbelsäule liegt bei 53 Jahren. Für die Korrelation von jüngerem Alter und häufigeren Operationen im unteren Halswirbelsäulenabschnitt fanden sich weder Bestätigung noch Erklärungen in der studierten Literatur, sie widerspiegelt aber die Erfahrungen aus dem klinischen Alltag. Der vorhandene Altersunterschied der Patienten in den beiden Segmentgruppen lässt die Vermutung zu, dass hier der Zusammenhang von Lebensalter und Outcome für den Krankheitsverlauf nach Operationen in verschiedenen Halswirbelsäulenabschnitten von Bedeutung ist und dass dadurch operative Eingriffe an der unteren Halswirbelsäule bessere Therapierfolge aufzeigen als Operationen in der mittleren Halswirbelsäule.

8.5. Behandlungsergebnisse und Sinterung

Die Dekompression der geschädigten neuronalen Strukturen, die Wiederherstellung der physiologischen Höhe des Intervertebralraumes, der ursprünglichen Weite der Foramina intervertebrale sowie die Rekonstruktion der Lordose der Halswirbelsäule sind wesentliche Bestrebungen der ventralen Spondylodese mit dem Ziel eine Linderung der klinischen Symptome Schmerz, Radikulopathie und Myelopathie zu erreichen. Infolge eines Kollapses des eingebrachten Knochenspanes oder Einsinken des implantierten Cages in die Endplatten der benachbarten Wirbelkörper vermindert sich die operativ erreichte Höhe zwischen den Wirbelkörpern postoperativ wieder. In einer von BIEDERER und Mitarbeitern (12) durchgeführten Untersuchung nach zervikaler Spondylodese mittels Implantation von Titan - Spacern präsentierte sich unmittelbar postoperativ eine Erhöhung des Zwischenwirbelraumes und eine leichte Lordose. Innerhalb der ersten 6 Monate konnte ein Verlust der Distractionshöhe und eine Rekyphose, zurückzuführen auf ein leichtes Einsinken des Implantats in die Endplatten, festgestellt werden.

Uneinheitlich wird in der Literatur beurteilt, welche radiologischen Verfahren und welche röntgenologischen Befunde zur Erfassung einer Sinterung herangezogen werden und ab welchem Ausmaß diese Veränderung als Sinterung bewertet werden. In unserer Untersuchung wird, wie im Abschnitt Methodik ausführlich erläutert, die röntgenologisch nachgewiesene Penetration des Cages in die Wirbelkörper bewertet und ab einer Größe von 1 mm als Sinterung verifiziert. In der Studie von ZEVGARIDES et al. (150) werden Senkungen des Cages von 2 mm in die oberen oder unteren Wirbelkörper als Sinterung angesehen, bei MORELAND et al. (100) ab über 2 mm. NIU et al. (102) und Gercek et al. (36) definieren Sinterung, wie folgt: Der anteriore und posteriore Abstand der Wirbelkörper im lateralen Röntgenbild wird vermessen. Eine Reduktion der Höhe des vorderen und/oder des hinteren Zwischenwirbelraumes um einen Betrag über 3 mm wird als pathologisch beschrieben. Diese Unterschiede der angeführten Kriterien zur Definition einer Sinterung widerspiegeln die Schwierigkeit der Vergleichbarkeit der Ergebnisse der verschiedenen Untersuchungen zur Problematik der Sinterung von intervertebralen Cages in die angrenzenden Wirbelkörper. Um einen exakten Vergleich von Sinterungsverhalten und dessen möglichen Einfluss auf das klinische Outcome durchführen zu können, wären einheitliche Kriterien zur Bewertung der Sinterung wünschenswert und notwendig. Im Rahmen unserer Untersuchung konnten wir

feststellen, dass es bei 17% der Patienten zum Einsinken des intervertebralen Cages in die Endplatten der angrenzenden Wirbelkörper kam. LIN et al. (89) ermittelten für 9% ihrer 34 untersuchten Patienten Sinterungsvorgänge. HWANG et al. (63) entdeckten bei 3,8% eine Sinterung. Für 30% der 80 von HAHN und Mitarbeitern (50) untersuchten Patienten wurde ein Einsinken des Cages eruiert. HAHN et al. (50) untersuchten das Sinterungsverhalten nach nur 3 Monaten postoperativ. Zur Bewertung dieses kurzen Beobachtungszeitraumes ist das Studienergebnis von ZEVGARIDES et al. (150) interessant. Sie konnten feststellen, dass im Vergleich der Sinterungsraten 3 Monate post operativ zu 1 Jahr nach der Operation keine radiologisch feststellbare Veränderung auftrat, ein Hinweis darauf, dass es in diesem Zeitraum zu keiner Progression der Sinterung kam. Sie fanden bei 33% der Cage - fusionierten Patienten Senkungen in die Wirbelkörper. 19% Sinterung beobachteten NIU et al (102). Aufgetretene Sinterung bei 22% der Patienten, die mittels Rabea - Cage fusioniert wurden, ermittelten MORELAND et al. (100). In einer Untersuchung der Operationsergebnisse für bisegmentale Fusionen beobachteten ASSIETTI et al. (04) bei 10,5% ihrer Patienten Senkungen des Cages in die Endplatten. BARTELS et al. (9) inserierten bei 69 Patienten 96 Carboncages, von denen 29,2% sinterten. 8 Patienten wurden in 9 Segmenten von GERCEK et al. (17) operiert. Sie fanden bei 5 operierten Segmenten (55%) radiologische Zeichen der Sinterung. BIEDERER et al. (12) konnten eine partielle Infraktion der Spacer in die benachbarten Grund - und/oder Deckplatten bei 10 der 42 operierten Segmente (24%) nachweisen. SCHMIEDERER et al. (123) berichten über Sinterungserscheinungen bei 45% ihrer 54 mittels Wing - Cage operierten Patienten. MATGE et al. (94) konnten 1 Jahr nach Operation mittels Titan - Cage BAK eine Penetration des Spacers in die benachbarten Wirbelkörper von 1 - 2 mm beobachten. Keine signifikanten Sinterungserscheinungen fanden SALAME et a. (117) in ihrer Studie und beschreiben aber die mittlere Sinterungsrate 1 Jahr postoperativ mit 1,04 mm. Auch MASTRONARDI et al. (96) beobachteten, dass es bei den von ihnen untersuchten Patienten nicht zu Sinterungen der PEEK - Cages gekommen ist. HEIDECHE et al. (55), die die klassische Cloward - Fusionsoperation untersuchten, stellten bei 12,3% der Patienten einen Kollaps des Knochenimplantates fest. Es entwickelte sich bei allen diesen Patienten eine Kyphose der Halswirbelsäule. Einen Überblick über Untersuchungen zu Sinterungserscheinungen nach ventraler Spondylodese und deren Ergebnisse zeigt folgende Tabelle (Tab.: 2).

Autor und Zeitpunkt der Veröffentlichung	Sinterung	Beeinflussung des Outcomes
Assietti et. al. (04) 2002	10,5%	nein
Bartels et al.(10) 2006	29,2%	nein
Biederer et al. (12) 1999	24%	nein
Gercek et al. (36) 2004	55%	nein
Hahn et al. (50) 2005	30%	Ja, negativ
Hwang et al. (63) 2005	3,8%	nein
Lin et al. (89) 2003	9%	nein
Mastronardi et al. (96) 2006	0%	nein
Meier, Kemmesis (98) 2004	18%	nein
Moreland et al. (100) 2004	22%	nein
Niu et al. (102) 2005	19%	nein
Salamé et al. (117) 2002	0%	nein
Schmiederer et al. (123) 2006	45%	nein
Zevgarides et al. (150) 2002	33%	nein

Tabelle: 2

Von wesentlichem Interesse ist, ob und wie durch eine Sinterung das klinische Operationsergebnis beeinflusst wird. An Hand der Ergebnisse unserer Arbeit konnten wir feststellen, dass es bei 17% der Patienten zum Einsinken des intervertebralen Cages in die Endplatten der angrenzenden Wirbelkörper kommt. Es war kein Einfluss der Sinterung auf das Behandlungsergebnis zu erkennen. MATGE et al. (93,94) kommen in ihren Untersuchungen zum gleichen Ergebnis. Sie beobachteten in allen Fällen eine klinisch asymptomatische Sinterung. LIN et al. (89) konnten ebenfalls keine Auswirkung auf die postoperative Symptomatik feststellen, ebenso HWANG et al. (63). Autoren wie ASSIETTI et al. (04), SALAME et al. (117), MORELAND (100), MEIER und KEMMESIS (98) oder PEOLSSON et al. (108) kommen in ihren Arbeiten zu dem gleichen Ergebnis: Das klinische Outcome wird durch Sinterungen nicht negativ beeinflusst. Auch VAVRUCH et al. (138) beobachteten keinen Zusammenhang von unterschiedlicher Diskushöhe und Outcome. HEIDECHE et al. (55) verbinden mit dem radiologischen Befund Kollaps des Knochendübels bei isolierter Betrachtung keinen Einfluss auf die klinische Symptomatik. Entsprechend einer Untersuchung von SCHMIEDERER et al. (123) beeinflusst eine erfolgte Sinterung nicht den Erfolg der knöchernen Fusion. TÜREYEN (135) kommt in seiner Untersuchung zu dem Schluss, dass ein Verlust von Diskushöhe ein exzellentes oder gutes klinisches Outcome nicht ausschließt. Auch KWON et al. (85) stellen fest, dass es keine strenge Korrelation zwischen klinischem Outcome und radiologischen Befunden, sie hatten eine Verminderung der Diskus - Höhe um 7% beobachtet, gibt. Einzig HAHN et al. (50) vertreten die Meinung, dass eine Sinterung negativ auf das Outcome wirkt. Sie ermittelten in ihrer Untersuchung Sinterungen häufiger bei Patienten mit einem schlechten Outcome, als bei jenen mit gutem Verlauf. Die Sinterung kann jedoch nicht die alleinige Ursache für ein schlechtes klinisches Ergebnis darstellen. Das Sinterungsverhalten von intervertebralen Platzhaltern nach erfolgter ventraler Spondylodese und dessen möglicher Einfluss auf den Behandlungserfolg ist selten Gegenstand medizinisch - wissenschaftlicher Untersuchungen. In den wenigen verfügbaren Literaturquellen gibt es keinen Hinweis darauf, dass eine erfolgte moderate Sinterung des Spacers vermehrt zu klinischen Symptomen führt und somit das Behandlungsergebnis negativ beeinflusst oder, dass das Outcome dadurch verbessert wird. Die Ergebnisse sind in Tabelle 1 zusammengefasst.

Ein interessanter Aspekt zum Sinterungsverhalten ist in der Arbeit von MEIER und KEMMESIS (98) dargelegt. Sie fanden Cage - Penetrationen in die Deckplatte des

unteren Wirbelkörpers und solche in Grund - und Deckplatte beider benachbarter Wirbelkörper aber keine isolierten Sinterungen in die Grundplatte des oberen Wirbelkörpers. Eine ähnliche Beobachtung machten SCHMIEDERER et al. (123). Sie stellten fest, dass bei den 30 Segmenten, in denen sie eine Sinterung diagnostiziert haben, nur 1 mal die Cage - Bewegung den oberen Wirbelkörper betraf und alle anderen betroffenen Wirbelkörper unterhalb des Cage lokalisiert waren. In der Hälfte der Fälle war die Cage - Bewegung deutlicher im anterioren Bereich des Wirbelkörpers feststellbar. In diesem Sinne äußern sich auch MORELAND et al. (100), die ebenfalls die Sinterungen ausschließlich am unteren vorderen Cage - Randbereich realisierten. Entsprechend der Erkenntnisse dieser Arbeiten scheint die Sinterung eher den unterhalb des Cages gelegenen Wirbelkörper und dort eher den vorderen Anteil zu betreffen. Wenn diese Feststellung durch weitere Untersuchungen betätigt werden könnte und würde, sollte dies Einfluss auf die Operationstechnik haben und insbesondere bei der Präparation der Endplatten für die Aufnahme des Spacers berücksichtigt werden. Ebenso sollten diese Kenntnisse die Wahl des zu benutzenden Cage beeinflussen und im Design neuer Cage - Formen Berücksichtigung und Beachtung finden.

Welche Einflussgrößen auf das Sinterungsverhalten gibt es?

These 1: Das Auftreten einer Sinterung und deren Ausmaß hängen vom gewählten Zwischenwirbelkörperersatz ab.

BÄRLOCHER et al. (05) untersuchten 125 Patienten, um den Behandlungserfolg von Mikrodiskektomie (MDO), autologer Knochenfusion (ABG), Polymethylmethacrylat - Insertion (PMMA) und Titan - Cage Fusion (TTC) zu beurteilen. Für das Sinterungsverhalten nach 12 Monaten ermittelten sie folgende Mittelwerte: TTC - Gruppe; 0,74 mm, PMMA - Gruppe; 0,79 mm, ABG - Gruppe; 2,26 mm und MDO - Gruppe; 1,27 mm. Die Titan - Cage - und PMMA - Gruppe präsentieren demzufolge eine signifikant geringere Sinterungstendenz als die Gruppe mit Knochendübel und die ohne Fusionsmittel. Zu einem anderen Ergebnis kommen SIDDIQUI und JACKOWSKI (127). Sie erstellten eine Vergleichsuntersuchung von Cage und trikortikalem Knochen als Fusionsmittel und beobachteten keinen signifikanten Unterschied des Zwischenwirbelkörperhöhenverhältnisses (interbody height ratio) beider Operationsverfahren. Sie ermittelten die mittlere prozentuale Veränderung dieser in der

Cage - Gruppe mit 99% und in der Knochendübel-Gruppe mit 95% und erklären die etwas geringere Ratio mit leichten Sinterungserscheinungen des Knocheninterponates. MEIER und KEMMESIS (98), die die Erfahrungen mit 6 verschiedenen intervertebrodiskalen Spacern untersuchten, kommen zu dem Ergebnis, dass die Wahl des Cages die Entstehung einer Sinterung beeinflusst. Die Spacer von AcroMed (Carbonium) als auch die Titan - Spacer von Medinorm und Intromed weisen die Tendenz zur Penetration in Grund - und/oder Deckplatte der benachbarten Wirbelkörper auf. In einer biomechanischen Studie ermittelten WILKE et al. (145) eine etwas andere Rangfolge der Sinterungstiefen. Der new WING - Cage und der Cage von AcroMed scheinen demnach resistenter gegen Sinterungstendenzen zu sein als der BAK/C - Cage. Alle 3 Cage - Typen sinterten jedoch signifikant stärker als Knochenzement (PMMA). FÜRDERER et al. (33) beobachteten ebenfalls in einer experimentellen Studie, dass Cages mit kubischem Design bzw. kubisch - zylindrischer Kontaktfläche insgesamt eine geringere Sinterungstendenz als Implantate mit zylindrischem Design zeigten.

These 2: Das Sinterungsverhalten wird von der Qualität und der Morphologie der Wirbelkörperendplatten beeinflusst.

Die Ursache für die geringe Sinterungsrate ihrer Patienten sehen HWANG et al. (63) im Erhalt der Endplatte im posterioren Abschnitt der oberen Wirbelkörpers sowie der gesamten Endplatte des unteren Wirbelkörpers. Ähnlich äußern sich BOSTELMANN et al. (14): Für PEEK - und Titan - Cages gilt, dass bei der Vorbereitung des Implantatbettes für die einzubringenden Cages insbesondere eine Arrosion der Deck - und/oder Grundplatte zu vermeiden ist. Die Auffassung, dass das Sinterungsverhalten von der Beschaffenheit der Deckplatten der Wirbelkörper beeinflusst wird, bestätigen mehrere experimentelle Untersuchungen. Nach LIM et al. (88) sollten die knöchernen Endplatten während der operativen Präparation demnach so weit, wie möglich erhalten werden. Dies gilt besonders für Patienten mit schlechter Knochenqualität, da ein signifikanter Zusammenhang zwischen Mineralisierungsgrad und Kraftausmaß, das zur Schädigung der Endplatte führt, besteht. Die Autoren schätzen eine zentrale, größere Perforation in die Endplatte zur Vaskularisierung des Knocheninterponates vorteilhafter ein, als mehrere kleine Bohrungen, da eine isolierte große Bohrung die Endplattenstabilität weniger schwächt, als viele kleine Perforationen. TRUUMEEES et al. (132) postulieren dagegen, dass eine einzelne, große Bohrung vermieden werden

sollte, weil die Geometrie und die exakte Position des intervertebralen Interponates variieren können. Die Größe und Verteilung mehrerer kleiner Perforationen können von Fall zu Fall besser der Knochenqualität und geometrischen Bedingungen angepasst werden. Die Autoren beobachteten in ihrer experimentellen Studie einen signifikanten Zusammenhang von Präparationstechnik der Endplatten und Ausmaß der Belastung, die zur Beschädigung der Endplatten führte. In der Knochenqualität erkennen sie einen prädiktiven Faktor der Endplattenstabilität. Eine schlechtere Knochenqualität, in Fällen höheren Alters und weiblichen Geschlechts gemessen, war mit geringeren Kräften verbunden, die die Wirbel beschädigten. Proben von jüngeren und männlichen Individuen wiesen eine stabilere Endplatte auf. Die Bedeutung der Endplattengeometrie wurde ebenfalls untersucht. Es wurde ein tendenzieller Zusammenhang zwischen erhöhten endplattenschädigenden Kompressionskräften und einer kleineren Endplattenfläche beobachtet. Entsprechend ermittelten die Autoren für Wirbelkörper kaudal C5 geringere Kompressionskräfte, die die Endplatten schädigten. Sie empfehlen insbesondere für Patienten mit Osteoporose weniger aggressive Methoden der Endplattenpräparation und für eine längere Zeit Stabilisierungsmaßnahmen. Es sollten Interponate eingesetzt werden, die so geformt sind, dass deren Druckbelastung nahe der anterioren und posterioren Ränder der Wirbelkörper einwirkt. FÜRDERER et al. (33) postulieren ebenfalls, dass bei der Implantatlagerpräparation die Kortikalisstruktur der Endplatten geschont werden sollte sowie, dass eine horizontal - plane Interfacefläche die Sinterungsgefahr bei sorgfältiger Präparationstechnik reduzieren kann. Cages mit kubischer und kubisch - zylindrischer Kontaktfläche zeigten eine stärkere Abhängigkeit von der Vorfrästiefe als das Implantat mit zylindrischem Design. In einer anderen experimentellen Studie untersuchten HASEGAWA et al. (53) die Kraftentwicklung eines Titan - Cages auf den Wirbelkörper in Abhängigkeit von der Knochendichte. Sie kamen zu dem Ergebnis, dass ein Titan - Cage mit einem großen Durchmesser einen signifikant größeren Kraftanstieg an der Kontaktstelle von Implantat und Endplatte ermöglicht. Je kleiner die Fläche, umso größer ist der Druck, der an dieser Stelle übertragen wird. Eine positive Korrelation zwischen Kraft und Knochendichte unterstreicht die Bedeutung der Knochendichte und impliziert ein darauf abgestimmtes chirurgisches Vorgehen, zum Beispiel bei Patienten mit einer schweren Osteoporose. Es sollten demzufolge Interponate mit möglichst großer Auflage zur Anwendung kommen. LIN et al. (89) sehen hingegen in einem zu großen Cage die mögliche Ursache für Sinterung und Kollaps des Intervertebralraumes. Die Kontaktfläche des

Implantates zum Wirbelkörper soll einerseits groß genug sein, um Sinterung zu verhindern und andererseits klein genug, um die Stress - Protektion auf die Gewebe, die in den Cage einwachsen, zu vermeiden. Die gleiche Forderung an ein optimales Cage - Design stellen WILKE et al. (145) auf. Die richtige Größenwahl des Interponates besitzt demzufolge eine große Bedeutung. MEIER und KEMMESIS (98) postulieren, dass bei der Cagewahl die individuelle Größe des Wirbelkörpers des zu operierenden Patienten zu beachten ist. KANDZIORA et al. (70) messen der Auflagefläche eines Cages für das Sinterungsverhalten des Implantats in vivo nur eine untergeordnete Bedeutung zu.

These 3: Die Sinterung wird vom Ausmaß der durchgeführten Distraction und der Größe (Höhe) des Interponates beeinflusst.

Im Zusammenhang mit auftretenden Sinterungen beurteilen die Autoren um LIN (89) die während der Operation erfolgende Distraction des Intervertebralraumes kritisch. Sie sehen in einer übermäßig durchgeführten Distraction eine potentielle Ursache für Cagesinterungen. BROWER und Mitarbeiter (16) untersuchten den Fusionsstatus von 59 Patienten und identifizierten dabei einen Zusammenhang zwischen Distraction des Intervertebralraumes von mehr als 4 mm über ursprüngliche Höhe und dem Trend zur Nonfusion. Eine zu starke Distraction resultiert demnach möglicherweise in einer Instabilität des operierten Segmentes. TRUUMEEES et al (133) kamen in einer Modeluntersuchung zu dem Ergebnis, dass größere Knochenspäne mit signifikant höheren distraktiv und kompressiv wirkenden Kräften verbunden sind. Auf der einen Seite können die höheren kompressiven Kräfte Mikrobewegungen und das Extrusionsrisiko des Implantates minimieren sowie das Fusionsvermögen verbessern. Auf der anderen Seite bewirken größere Interponate eine Verschiebung der Gewichtsverteilung von den hinteren Gelenkfortsätzen auf die vordere Wirbelsäule und damit verbundenen zu einem erhöhten Fraktur - und Sinterungsrisiko.

WILKE et al. (145) wie auch KETTLER et al. (75) untersuchten die Auswirkung simulierter Kopfbewegungen auf das Sinterungsverhalten von verschiedenen intervertebralen Implantattypen. Sie kamen zu dem Ergebnis, dass postoperativ durchgeführte Nackenbewegungen Sinterungserscheinungen verstärken. Ein deutlich erhöhtes Risiko zur Sinterungen deklarierten BARTELS et al. (10) für Operationen im Segment C6 / C7.

Zusammenfassend können die Faktoren, die die Sinterung eines intervertebralen Cages negativ beeinflussen, wie folgt formuliert werden. Das Design und die Größe des Spacers, insbesondere große Areale der Kontaktflächen zu den Endplatten sowie eine schonende Operationstechnik mit weitgehendem Erhalt der Integrität der Endplatten, eine moderate Distraction der Wirbelkörper, eine gute Knochenqualität der Wirbelkörper sowie die Vermeidung von starken Nacken – Kopf - Bewegungen nach der Operation vermeiden Sinterungserscheinungen. Die grundlegende und überwiegend getroffene Aussage der Autoren, die zum Thema Sinterung von intervertebrodiskalen Spacern in die Endplatten der angrenzenden Wirbelkörper und deren Auswirkungen auf das Behandlungsergebnis untersucht haben, lautet: Auftretende moderate Sinterungen beeinflussen die postoperative Symptomatik nicht signifikant. Diese Auffassung deckt sich mit den Ergebnissen unserer Untersuchung. Um das Sinterungsverhalten, insbesondere seinen Einfluss auf das Outcome sowie die Ursachen für eine Sinterung zu erkennen und damit Vermeidungsstrategien entwickeln zu können, sind weitere klinische Studien wünschenswert und notwendig.

9. Zusammenfassung

In der Behandlung degenerativer Halswirbelsäulenerkrankungen ist die ventrale Diskektomie mit anschließender Fusion als zuverlässiges Operationsverfahren etabliert. Die vorliegende Arbeit beschreibt die Ergebnisse einer prospektiven Verlaufsbeobachtung von 368 Patienten, die in der modifizierten Technik nach Smith - Robinson, unter Verwendung eines Cages anstatt eine Knochenspanes, von ventral dekomprimiert und fusioniert wurden. Der postoperative Untersuchungszeitraum betrug ein Jahr, das durchschnittliche Alter der 185 weiblichen und 183 männlichen Patienten zum Zeitpunkt der Operation 49 (25 - 81 J.) Jahre. In 252 Fällen wurde monosegmental und 116-mal bisegmental fusioniert, wobei die hauptsächlich betroffenen Höhen HWK 5/6, gefolgt von HWK 6/7 und HWK 4/5 darstellten.

Zur Evaluierung der klinisch - neurologischen Befunde fand der Score der „Japanese Orthopedic Association“ (JOA - Score) Anwendung und die Auswertung des Outcomes erfolgte mit Hilfe der Recovery - Rate. Der Behandlungserfolg wurde unter Berücksichtigung von Geschlecht und Lebensalter der Patienten, Anzahl und Höhe der operierten Segmente sowie dem Einfluss von auftretenden Sinterungen untersucht.

89% unserer Patienten profitierten gesundheitlich von der durchgeführten Operation und wiesen positive Ergebnisse (Responder) auf. 78% der Patienten zeigten gute Operationsergebnisse mit Verbesserungen der neurologischen Symptomatik um mehr als 50% und 35% der Patienten erreichten eine Restitutio ad integrum mit einer Recovery - Rate von 100%. Ausbleibende Behandlungserfolge wurden nur bei 11% der Patienten beobachtet. Das Outcome 1 Jahr nach ventraler Fusion entspricht den in der Literatur veröffentlichten Zahlen, die je nach Autor für gute Ergebnisse in 64% bis 96% der Fälle angegeben werden.

Unsere Untersuchungsergebnisse belegen, dass die Krankheitsverläufe unabhängig vom Geschlecht sind, es aber mit zunehmendem Lebensalter zu einer Verringerung des Behandlungserfolges kommt. Hinsichtlich des Outcomes nach Höhenlokalisierung und Anzahl der operierten Segmente konnten wir feststellen, dass die Operationsergebnisse bei Erkrankungen der unteren Halswirbelsäule besser ausfielen als bei denen in der mittleren Halswirbelsäule sowie dass die monosegmentale Operation erfolgreicher verläuft als der bisegmental durchgeführte Eingriff. Einen Einfluss von festgestellten

moderaten Sinterungen der Cages in die Endplatten der benachbarten Wirbelkörper auf das Outcome konnte nicht beobachtet werden.

Unter Berücksichtigung dieser Aspekte sollte die Indikation zur Operation bei Patienten mit hohem Lebensalter und hier insbesondere bei Patienten mit Pathologien in der oberen Halswirbelsäule und mehr als ein Segment betreffend sehr sorgfältig aber auch rechtzeitig gestellt werden. Den Patienten dieser „Risikogruppen“ sollte in der praeoperativen Diagnostik und postoperativen Nachsorge besondere Aufmerksamkeit und Fürsorge zukommen. Zusammenfassend bestätigt die Arbeit die Wertigkeit der ventralen Spondylodese als sicheres und Erfolg versprechendes Therapiemittel in der operativen Behandlung degenerativer zervikaler Bandscheibenerkrankungen.

10. Literaturverzeichnis

1. Abd - Alrahman N, Dokmak AS, Abou - Madawi A: Anterior cervical discectomy (ACD) versus anterior cervical fusion (ACF), clinical and radiological outcome study; Acta Neurochir, 1999, 141: 1089 - 1092
2. An HS, Evanich CHJ, Nowicki BH, Haughton VM: Ideal thickness of Smith - Robinson graft for anterior cervical fusion; Spine, 1993, 18: 2043 - 2047
3. Angevine P, Arons RR, McCormick P: National and regional rates and variation of cervical discectomy with and without anterior fusion, 1990 - 1999; Spine, 2003, 28: 931 - 939
4. Assietti R, Beretta F, Arienta C: Two - level anterior cervical discectomy and cage - assisted fusion without plates; Neurosurg Focus, 2002, 12 (1): Article 3
5. Bärlocher CB, Barth A, Krauss JK, Binggeli R, Seiler RW: Comparative evaluation of microdiscectomy only, autograft fusion, polymethylmethacrylate interposition and threaded titanium cage fusion for treatment of single - level cervical disc disease: a prospective randomized study in 125 patients; Neurosurg Focus, 2002, 12 (1): Article 4
6. Bagby GW: Arthrodesis by the distraction - compression method using a stainless steahl implant; Orthopedics, 1988, 11: 931 - 934
7. Bailey RW, Badgley CE: Stabilization of the cervical spine by anterior fusion; J Bone Joint Surg; 1960, (A) 42: 565 - 594
8. Barasso J, Keggi KJ: Wirbelkörperexzision für die Behandlung von zervikalen Bandscheibenerkrankungen, Spondylosen und Rückenmarksstenosen; Orthopäde, 1985, 14: 40 - 43

9. Bartels RH, Donk R, Van Azn RD: Height of cervical foramina after anterior discectomy and implantation of a carbon fibre cage; J Neurosurg, 2001, 95: 40 - 42
10. Bartels R, Donk R, Feuth T: Subsidence of stand - alone cervical carbon fiber cages. Clinical studies; Neurosurgery, 2006, 58: 502 - 508
11. Bengel D, Isenmann S, Kalff R : Leitlinie Zervikale spondylotische Myelopathie; In Leitlinien für Diagnostik und Therapie in der Neurologie. Herausgegeben von der Kommission „Leitlinien der Deutschen Gesellschaft für Neurologie; Georg Thieme Verlag, 2005, 629 - 633
12. Biederer J, Hutzelmann A, Rama B, Heller M: Röntgen - Verlaufuntersuchung der Halswirbelsäule nach anteriorer Fusion mit Titaninterponaten; RöFo, 1999, 171: 95 - 99
13. Bland JH, Boushey DR: Anatomy an physiology of the cervical spine; Sem Arthr Rheum, 1990, 20: 1 - 20
14. Bostelmann R, Heidecke V, Helmbrecht A: Vergleich zwischen PEEK - versus Titan - Cage bei zervikaler ventraler Fusion. Ein retrospektiver Erfahrungsbericht; Abstracts, 27. Jahrestagung Sektion Wirbelsäule der DGNC, Günzburg, 17.-18.09. 2004
15. Brain WR, Northfield D, Wilkinson M: Neurological manifestations of cercical spondylosis; Brain, 1952, 75: 187 - 225
16. Brower RS, Herkowitz HN, Kurz I: Effect of distraction on union rate of Smith - Robinson type anterior cervical discectomy and fusion; Presented at the 20th Annual Meeting of the Cercical Spine Research Society. Palm Dessert, CA, 1992
17. Castro FP, Holt RT, Majd MM et al.: A cost analysis of two anterior cervical fusion procedures; J Spinal Disord, 2000,13: 511 - 514

18. Cauthen JC, Kinard RE, Vogler JB et al.: Outcome analysis of noninstrumented anterior cervical discectomy and interbody fusion in 348 patients; Spine, 1998, 23: 188 - 192
19. Chozik BS, Knuckey NW, Epstein MH: Congenital anomaly of the second cervical vertebra predisposing to progressive cervical myelopathy; Spine, 1993,18: 339 - 342
20. Cloward R: The anterior approach for removal of ruptured cervical discs; J Neurosurg, 1958, 15: 602 - 17
21. Dowd GC, Wirth FP: Anterior cervical discectomy: is fusion necessary?; J Neurosurg, 1999, 90: 8 - 12
22. Ebersold MJ, Pare MC, Quast LM: Surgical treatment for cervical spondylotic myelopathy; J Neurosurg, 1995, 82: 745 - 51
23. El - Mallakh RS, Rao K, Barwick M: Cervical myelopathy secondary to movement disorders: case report; Neurosurgery; 1989, 24: 902 - 905
24. Engelhardt M, Wolzik M et al.: Schmerzreduktion nach Operation an der Halswirbelsäule; Z Orthop, 2005, 143: 585 - 590
25. Eriksen EF, Buhl M, Fode K et al.: Treatment of cervical disc disease using Cloward`s technique. part II: the prognostic value of clinical preoperative data in 1106 patients; Acta Neurochir, 1984, 70:181 - 197
26. Espersen JO, Buhl M, Eriksen EF et al.: Treatment of cervical disc disease using Cloward`s technique. part I: general results, effect of different operative methods and complications in 1106 patients; Acta Neurochir, 1984, 70: 97 - 114
27. Fairbank JC, Couper J, Davies JB: The Oswestry low back pain disability questionnaire; Physiotherapy, 1980, 66: 271 - 273

28. Ferguson RJL, Caplan LR: Cervical spondylotic myelopathy; Clin Neurosurg, 1985, 3: 373 - 382
29. Fountas KN, Kapsalaki EZ, Smith B et al.: Interobservational variation in determining fusion rates in anterior cervical discectomy and fusion procedures; Eur Spine J, 2007, 16: 39 - 45
30. Fox MW, Onofrio BM: Transdural approach to anterior spinal canal in patients with cervical spondylotic myelopathy and superimposed soft disc herniation; Neurosurg, 1994, 34: 634 - 42
31. Fraser RD: Interbody, posterior and combined lumbar fusion; Spine, 1995, 20 (24 Suppl): 167 - 177
32. Frykholm R: Cervical root compression resulting from disc degeneration and root sleeve fibrosis; Acta Chir Scand; 1951, 160: 1 - 149
33. Fürderer S, Schöllhuber F, Rompe JD, Eysel P: Einfluss von Design und Implantationstechnik auf das Risiko der progredienten Sinterung verschiedener HWS - Cages; Der Orthopäde, 2002, 31: 466 - 471
34. Fujiwara A, Kobayashi N, Saiki K, Kitagawa T, Tamai K, Sao Tome K: Association of the Japanese Orthopaedic Association Score with the Oswestry Disability Index, Roland - Morris Disability Questionnaire and Short - Form 36; Spine, 2003, 28: 1601 - 1607
35. Fukui K, Kataoka O, Sho T, Sumi M: Pathomechanism, pathogenesis and results of treatment in cervical spondylotic myelopathy caused by dynamic canal stenosis; Spine, 1990, 15: 1148 - 1152
36. Gercek E, Arlet V, Delisle J, Marchesi D: Subsidence of stand - alone cervical cages in anterior interbody fusion: warning; Eur Spine J, 2004, 12: 513 - 516

37. Goffin J, Geusens F, Vantomme N et al.: Long - term follow-up after interbody fusion of cervical spine; J Spinal Disord Tech, 2004, 17: 79 - 85
38. Gore DR, Sepic SB, Gardner GM, Muray MP: Neck pain: A long - term follow - up of 205 patients; Spine, 1987, 12: 1 - 5
39. Gorter K: Influence of laminectomy on the course of cervical myelopathy; Acta Neurochir, 1976, 33: 265 - 281
40. Grob D: Operative Therapie bei radikulären Beschwerden der degenerativen Halswirbelsäule; Orthopäde, 1996, 25: 554 - 557
41. Grob D: Surgery in the Degenerative Cervical Spine; Spine, 1998, 23 : 2674 - 2683
42. Gross JD, Benzel EC: Dorsal surgical approach for cervical spondylotic myelopathy; in: Camins MB, editor; Techniques in Neurosurgery, Philadelphia: Lipincott Williams & Wilkins, 1999, 162 - 176
43. Grote W, Bettag W, Wüllenweber R: Indikation, Technik und Ergebnisse zervikaler Fusionen; Acta Neurochir, 1970, 22: 1 - 27
44. Grote W, Kalff R, Roosen K: Die operative Behandlung zervikaler Bandscheibenvorfälle; Zentralbl Neurochir, 1991, 52: 101 - 108
45. Grote W, Röttgen P: Die ventrale Fusion bei der zervikalen Osteochondrose und ihre Behandlungsergebnisse; Acta Neurochir, 1967, 16: 218 - 40
46. Guidetti B, Fortuna A: Long - term results of surgical treatment of myelopathy due to cervical spondylosis; J Neurosurg; 1969, 30: 714 - 721
47. Haberland N: Therapieverfahren bei chronischen Bandscheibenerkrankungen der Halswirbelsäule, Bericht über die Unfallmedizinische Tagung in Mainz am 13./14. November 2004, ISBN 3-88383-080-1, 33 - 48

48. Hacker RJ: A randomized prospective study of an anterior cervical interbody fusion device with a minimum of 2 years of follow - up results; J Neurosurg, 2000, 93: 222 - 226
49. Hacker RJ, Cauthen JC, Gilbert TJ, Griffith SL: A prospective randomized multicenter clinical evaluation of an anterior cervical fusion cage; Spine, 2000, 25: 2646 - 2655
50. Hahn R, Hoffmann B, Jasper M, Sepehrnia A: Microsurgical anterior discectomy with cage fusion for treatment of cervical radiculopathy: follow - up of 80 patients concerning subsidence and clinical outcome after three months; Abstract; 56. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Neurochirurgie e.V. (DGNC) Strasbourg, 2005, 07.-11.05
51. Hamburger C, Festenberg F, Uhl E: Ventral discectomy with PMMA interbody fusion for cervical disc disease: long - term results in 249 patients; Spine, 2001, 26: 249-255
52. Hankinson HL, Wilson CB: Use of the operating microscope in anterior cervical discectomy without fusion; J Neurosurg, 1969, 30: 714 - 21
53. Hasegawa K, Abe M, Washio T, Hara T: An experimental study on the interface strength between titanium mesh cage and vertebra in reference to vertebral bone mineral density; Spine; 2001, 26: 957 - 963
54. Hasegawa K, Homma T, Chiba Y et al.: Effects of surgical treatment for cervical spondylotic myelopathy in patients (greater than over equal to) 70 years of age: a retrospective comparative study; J Spinal Disord Tech, 2002, 15: 458 - 460
55. Heidecke V, Rainov NG, Marx T, Burkert W: Outcome in Cloward anterior fusion for degenerative cervical spinal disease; Acta Neurochir, 2000, 142: 283 - 291

56. Henderson CM, Henessy RG, Shuey HM, Shackelford EG: Posterior – lateral - foraminotomy as an exclusive technique for radiculopathy: a review of 846 consecutively operated cases; *Neurosurgery*, 1983, 13(5): 504 - 512

57. Hilibrandt AS, Carlson GD, Palumbo MA, Jones PK, Bohlmann HH: Radiculopathy and myelopathy at segments adjacent to the site of previous anterior cervical arthrodesis; *J Bone Joint Surg Am*, 1999, 81A: 519 - 528

58. Hirabayashi K: Stenosis of the cervical spine. Diagnosis and surgical management for cervical spondylotic myelopathy. Instructional course lectures: 1. EFORT-Kongreß, Paris 1993, 1: 38 - 46 Masson

59. Hirabayashi K, Miyakawa J, Satomi K et al.: Operative results and postoperative progression of ossification among patients with ossification of the posterior longitudinal ligament; *Spine*, 1981, 6: 354 - 364

60. Hirsch C, Wickbom I, Lindström A et al.: Cervical disc resection: a follow - up of myelographic and surgical pocedure; *J Bone Jt Surg*,1964, 46 A: 1811 – 21

61. Hukuda S, Kojima Y: Sex discrepancy in the canal/body ratio of the cervical spine implicating the prevalence of cervical myelopathy in men; *Spine*, 2002, 27: 250-253

62. Hukuda S, Li FX, Imai S et al.: Large vertebral body, in addition to narrow spinal canal, are risk factors for cervical myelopathy; *J Spinal Disord*, 1996, 9: 177-186

63. Hwang SL, Hwang YE, Lieu AS et al.: Outcome analyses of interbody titanium cage fusion used in the anterior discectomy for cervical degeneratice disc disease; *J Spinal Disord Tech*, 2005, 18: 36 - 331

64. Ikeda K, Wada E, Hosoe H: Numerical evaluation of symptoms in cervical myelopathy by quantification theory III (Hayashi); *Spine*, 1989,14: 1140 - 1143

65. Japanese Orthopedic Association: Criteria on the evaluation of the treatment of cervical myelopathy; J Jpn Orthop Assoc, 1976, 50: Addenda, 5
66. Japanese Orthopedic Association: Scoring system (17-2) for cervical myelopathy; J Jpn Orthop Assoc; 1994, 68: 490 - 503
67. Jöllenbeck B, Fernandez N, Firsching R: Titanium or polymethylmethacrylate in cervical disc surgery? A prospective study; Zentralbl Neurochir, 2001, 62: 200-202
68. Kadanka Z, Bednarik J, Vohanka S et al.: Conservative treatment versus surgery in spondylotic cervical myelopathy: a prospective randomised study; Eur Spine J, 2000, 9: 538 - 544
69. Kaden B, Swamy S, Schmitz HJ, Reddemann H, Fuhrmann G, Gross U: Das Titanimplantat als alternative Fusionsmöglichkeit im HWS - Bereich, erste klinische Erfahrungen; Zentralbl Neurochir, 1993, 54: 166 - 170
70. Kandziora F, Pflugmacher R, Scholz J et al.; Experimentelle Spondylodese der Schafshalswirbelsäule Teil 1: Der Effekt des Cage - Designs auf die intervertebrale Fusion, Der Chirurg, 2004, 909 - 917
71. Kaptain GJ, Simmons NE, Replogle RE, Pobereskin L: Incidence and outcome of kyphotic deformity following laminectomy for cervical spondylotic myelopathy; J Neurosurg, 2000, 93: 199 - 204
72. Kast E, Antoniadis G, Richter HP: Epidemiologie von Bandscheibenoperationen in der Bundesrepublik Deutschland; Zentralbl Neurochir; 2000, 61: 22 - 25
73. Katsuura A, Hukuda S, Sarhashi Y, Mori K: Kyphotic malalignment after anterior cervical fusion is one of the factors promoting the degenerative process in adjoining intervertebral levels; Eur Spine J, 2001, 10: 320 - 324

74. Keller A, von Ammon K, Klaiber R, Waespe W: Die spondylogene cervicale Myelopathie: konservative und operative Therapie; Schweiz Med Wochenschr, 1993, 123: 1682 - 91
75. Kettler A, Wilke HJ, Claes L: Effects of neck movements on stability and subsidence in cervical interbody fusion: an in vitro study; J Neurosurg Spine, 2001, 94: 97 - 107
76. Klein GR, Vaccaro AR, Albert TJ: Health outcome assessment before and after anterior cervical discectomy and fusion for radiculopathy. A prospective analysis; Spine, 2000, 25: 801 - 803
77. Klöckner C, Kern O, Zierski J, Weber U: The microsurgical transoral decompression for treatment of diseases and injuries of the craniocervical junction; Orthopäde, 1998, 27: 477 – 481
78. Kokubun S, Sato T, Iswi Y, Tanaka Y: Cervical myelopathy in the japanese; Clin Orthop, 1996, 323: 129 - 138
79. Korinth MC, Krüger A, Oertel MF, Gilsbach JM: Posterior foraminotomy or anterior discectomy with polymethyl methacrylate interbody stabilization for cervical soft disc disease: Results in 292 patients with monoradiculopathy; Spine, 2006, 31: 1207 - 1214
80. Koyanagi T, Hirabayashi K, Satomi K, Toyama Y, Fujimura Y: Predictability of operative results of cervical compression myelopathy based on preoperative computed tomographic myelography; Spine, 1993, 18: 1958 - 1963
81. Krämer J: Bandscheibenbedingte Erkrankungen, Ursachen; Diagnose, Behandlung, Vorbeugung, Begutachtung: Georg Thieme Verlag, Stuttgart ,New York, 5. Aufl. 2006
82. Kubo Y, Waga S, Kojima T, Matsubara T, Kuga Y, Nakagawa Y: Microsurgical anatomy of the lower cervical spine and cord; Neurosurgery, 1994, 34: 895 - 602

83. Kubota T, Kawano H, Yamashima T, Ikeda K, Hayashi M, Yamamoto S: Ultrastructural study of calcification process in the ligamentum flavum of the cervical spine; *Spine*, 1987, 12: 317 - 23
84. Kunz U, Danz B, Braun F, Oldenkott P: Vergleich der Ergebnisse verschiedener ventraler und dorsaler Operationsverfahren bei degenerativen Veränderungen der Halswirbelsäule; *Wehrmed Mschr*, 1995, 39: 43 - 49
85. Kwon B, Kim DH, Marvin A, Jenis LG: Outcome following anterior cervical discectomy and fusion. The role of interbody disc height, angulation, and spinous process distance; *J Spinal Disord Tech*, 2005, 18: 304 - 308
86. Laing RJ, Ng I, Seeley HM, Hutchinson PJ: Prospective study of clinical and radiological outcome after anterior cervical discectomy; *British Journal of Neurosurgery*, 2001, 15: 319 - 323
87. Lesion F, Bouasakao N, Clarisse J, Rousseaux M, Jomin M: Results of surgical treatment of radiculopathy caused by arthrosis based on 1000 operations; *Surg Neurol*, 1985, 23: 350 - 355
88. Lim TH, Kwon H, Jeon CH et al.: Effect of endplate conditions and bone mineral density on the compressive strength of the graft - endplate interface in anterior cervical spine fusion; *Spine*; 2001, 26: 951 - 956
89. Lin CN, Wu YC, Wang NP, Howng SL: Preliminary experience with anterior interbody titanium cage fusion for treatment of cervical disc disease; *Kaohsiung J Med Sci*, 2003, 19: 208 - 215
90. Löfgren H, Johannsson V, Olsson T, Ryd Leif, Levander B: Rigid fusion after Cloward operation for cervical disc disease using autograft, allograft or xenograft. A randomized study with radiostereometric and clinical follow - up assesment; *Spine*, 2000, 25: 1908 - 1916

91. Lunsford LD, Bissonette D, Janetta PJ, Sheptak PE, Zorub DS: Anterior surgery for cervical disc disease. Part 2: Treatment of cervical spondylotic myelopathy in 32 cases; J Neurosurg, 1980, 53: 12 - 19
92. Lunsford LD, Bissonette DJ, Jannetta PJ, Sheptak PE, Zorub DS: Anterior surgery for cervical disc disease. Part 1: Treatment of lateral cervical disc herniation in 253 cases; J Neurosurg, 1980, 53: 1 - 11
93. Matgé G: Cervical cage fusion with 5 different implants: 250 cases; Acta Neurochir, 2002, 144: 539 - 550
94. Matgé G, Leclercq TA: Rationale for interbody fusion with treaded titanium cages at cervical and lumbar levels. Results on 357 cases; Acta Neurochir, 2000, 142: 425 - 434
95. Matsunaga S, Sakou T, Taketomi E, Yamaguchi M, Ojano T: The natural course of myelopathy caused by ossification of the posterior longitudinal ligament in the cervical spine; Clin Orthop Rel Res, 1994, 305: 168 - 77
96. Mastronardi L, Ducati A, Ferrante L: Anterior cervical fusion with polyetheretherketone (PEEK) cages in treatment of degenerative disc disease. Preliminary observations of consecutive cases with a minimum 12 - month follow - up; Acta Neurochir; 2006, 148: 307 - 312
97. McHorney CA, Ware JE, Raczek AE: The MOS 36 - Item Short - Form Health Survey (SF-36): II. Psychometric and clinical test of validity in measuring physical and mental health constructs; Med Care, 1993, 31: 247 - 263
98. Meier U, Kemmesis D: Erfahrungen mit 6 verschiedenen intervertebrodiskalen Spacern zur Spondylodese der Halswirbelsäule; Orthopäde, 1999, 33: 1290 - 1299
99. Mixer WJ, Barr JS: Rupture of the intervertebral disc with involvement of the spinal cord; N Engl J Med, 1934, 211: 210 – 215

100. Moreland DB, Asch HL, Clabaux DE et al.: Anterior cervical discectomy and fusion with implantable titanium cage: initial impressions, patient outcomes and comparison to fusion with allograft; *The Spine Journal*, 2004, 4: 184 – 191
101. Murphy MA, Trimble MB, Piedmonte MR, Kalfas ICH: Changes in the cervical foraminal area after anterior discectomy with and without graft; *Neurosurgery*, 1994, 34: 93 - 96
102. Niu CC, Chen LH, Lai PL, Fu TS, Chen WJ.: Trapezoidal titanium cage in anterior cervical interbody fusion: a clinical experience; *Chang Gung Med J*; 2005, 28: 212 - 121
103. Odom GL, Finney W, Woodhall B, Durham NC: Cervical disc lesions; 1958, *JAMA* 166: 23 - 28
104. Palit M, Schoffermann J, Goldhtwaite N et al.: Anterior discectomy and fusion for the management of neck pain; *Spine*, 1999, 24: 2224 - 2228
105. Payne EE, Spillance JD: The cervical spine; *Brain*, 1957, 80: 571 - 596
106. Peolsson A, Hedlund R, Ödberg B: Intra - and inter - tester reliability and reference values for isometric neck strength; *Physiother Res Int*, 2001, 6:15 - 26
107. Peolsson A, Hedlund R, Vavruch L, Öberg B: Predictive factors for the outcome of anterior cervical decompression and fusion; *Eur Spine J*, 2003, 12: 274 - 280
108. Peolsson A, Hedlund R, Vavruch L: Prediction of fusion and importance of radiological variables for the outcome of anterior cervical decompression and fusion; *Eur Spine J*, 2004, 13: 229 - 234
109. Peolsson A, Vavruch L, Ödberg B: Disability after anterior decompression and fusion for cervical disc disease; *Adv Physioter*, 2002, 4: 111 - 124

110. Perlick L, Zander D, Kraft N, Wallny T, Diedrich O, Schmitt O: Operative Ergebnisse der monosegmentalen ventralen Fusion mit der Plattenosteosynthese bei der therapieresistenten chronischen Zervikobrachialgie; Z Orthop, 2000, 138: 452 - 458
111. Persson LCG, Carlsson CA, Carlsson J: Long - lasting cervical radicular pain managed with surgery, physiotherapy, or a cervical collar: a prospective study; Spine, 1997, 22: 751 - 758
112. Prolo DJ, Oklund SA, Butcher M: Toward uniformity in evaluating results of lumbar spine operation; a paradigm applied to posterior lumbar interbody fusion; Spine, 1986, 11: 601 - 606
113. Richter M, Kluge P, Puhl W: Diagnostik und Therapie der Spinalstenose beim älteren Menschen; Z Orthop, 1999, 137: 474 - 481
114. Rish BL, McFadden JT, Penix JO: Anterior cervical fusion using homologous bone grafts: A comparative study; Surg Neurol, 1976, 5: 119 - 21
115. Robinson RA, Smith GW: Anteriolateral cervical disc removal and interbody fusion for cervical disc syndrome; Bull Johns Hopkins Hosp., 1955, 96: 223 - 224
116. Rowland LP: Surgical treatment of cervical spondylotic myelopathy: Time for a controlled trial; Neurology, 1992, 42: 5 - 13
117. Salame K, Quaknine GER, Razon N, Rochkind S: The use of carbon fibre cages in anterior cervical interbody fusion. Report of 100 cases; Neurosurg Focus, 2002, 12: 1 - 5
118. Samartzis D, Shen FH, Goldberg EJ, An HS: Is autograft the gold standard in achieving radiographic fusion in one-level anterior cervical discectomy and fusion with rigid anterior plate fixation?: Spine, 2005, 30: 1756 - 1761

119. Sampath P, Bendebba M, Davis JD, Ducker TB: Outcome in patients with cervical radiculopathy; prospective, multicenter study with independent clinical review; Spine, 1999, 24: 591 - 597
120. Sampath P, Bendebba M, Davis JD, Ducker TB: Outcome of patients treated for cervical myelopathy, a prospective, multicenter study with independent clinical review; Spine, 20002, 5: 670 - 676
121. Savolainen S, Rinne J, Hernesniemi J: A prospective randomized study of anterior single - level cervical disc operations with long - term follow - up: Surgical fusion is unnecessary; Neurosurgery, 1998, 43: 51 - 55
122. Schirmer M: Degenerative Halswirbelsäulenerkrankungen mit unterschiedlichen Schmerzsymptomen; Notfall & Hausarztmedizin; 2004, 30: 292 - 296
123. Schmiederer K, Wolzik - Grossmann M, Pechlivanis I et al.: Subsidence of the Wing titanium cage after anterior cervical interbody fusion: 2 - year follow - up study; J Neurosurg Spine; 2006, 4: 447 - 453
124. Schröder J, Wassmann H: Polymethylmethacrylat (PMMA) in der Halsbandscheibenchirurgie - gegenwärtige Situation in Deutschland; Zentralbl Neurochir; 2002, 63: 33 - 36
125. Seichi A, Takeshita K, Kawaguchi H et al.: Neurologic level diagnosis of cervical stenotic myelopathy; Spine, 2006, 31: 1338 – 1343
126. Shimomura Y, Hukuda S, Mizumo S: Experimental study of ischemic damage to the cervical spinal cord; J Neurosurg, 1954, 28: 565-581
127. Siddiqui AA, Jackowski A: Cage versus tricortical graft for cervical interbody fusion; J Bone Joint Surg (Br); 2003, 85-B: 1019 - 1025

128. Silber JS, Anderson DG, Daffner SD et al.: Donor site morbidity after anterior iliac crest bone harvest for single - level anterior cervical discectomy and fusion; *Spine*, 2003, 28: 134 - 139
129. Smith GW, Robinson RA: The treatment of certain cervical - spine disorders by anterior removal of the intervertebral disc and interbody fusion; *J Bone Joint Surg*, 1958, 40-A(3), 607 - 23
130. Spurling RG, Scoville WB: Lateral rupture of the cervical intervertebral disc. A common cause of shoulder arm pain; *Surg Gynecol Obstet*, 1944, 798: 350 - 358
131. Trojan DA, Pouchot J, Pokupa R, et al.: Diagnosis and treatment of ossification of the posterior longitudinal ligament of the spine: report of eight cases and literature review; *Am J Med*, 1992, 92(3): 296 - 306
132. Truumees E, Demetropoulos CK, Yang KH, Herkowitz HN: Failure of human cervical endplates: a cadaveric experimental model; *Spine*, 2003, 28: 2204 - 2208
133. Truumees E, Demetropoulos CK, Yang KH, Herkowitz HN: Effects of disc height and distractive forces on graft compression in an anterior cervical discectomy model; *Spine*, 2002, 27: 2441 - 2444
134. Tscherne H, Illgner A: Ventralspondylodese der Halswirbelsäule; *Operat Orthop Traumatol*, 1991, 3: 147 - 157
135. Türeyen K: Disc height loss after anterior cervical microdiscectomy with titanium intervertebral cage fusion; *Acta Neurochir*, 2003, 145: 56 - 570
136. Van den Bent MJ, Oosting J, Wouda EJ et al.: Anterior cervical discectomy with or without fusion with acrylate: a randomized trial; *Spine*, 1996, 21: 834 - 840
137. Van Limbeck J, Jacobs WC, Anderson PG, Pavlov PW: A systematic literature review to identify the best method for a single level anterior cervical interbody fusion; *Eur Spine*, 2000, 19: 129 - 136

138. Vavruch L, Hedlund R, Javid D, Lesznewski W, Shalabi A: A prospective randomized comparison between the Cloward procedure and a carbon fiber cage in the cervical spine; *Spine*, 2001, 27: 1694 - 1701
139. Verbiest H: The management of cervical spondylosis; *Clin Neurosurg*, 1973, 20: 262 - 94
140. Vernon H, Mior S: The Neck Disability Index: a study of reliability and validity; *J Manipulative Physiol Ther*, 1991, 14: 409 - 415
141. Vesper J, Meier U; Langzeitverlauf bei operierten Patienten mit degenerativen Erkrankungen der Halswirbelsäule. *Berichte aus der Medizin*, Shaker-Verlag, Aachen 2000 (ISBN 3-8265-7155-X; ISSN 0945-0890)
142. Wang B, Liu H, Wang H, Zhou D: Segmental instability in cervical spondylotic myelopathy with severe disc degeneration; *Spine*, 2006, 12: 1327 - 1331
143. White AA, Panjabi MM: Biochemical considerations in the surgical management of the cervical spondylotic myelopathy; *Spine*, 1988, 13: 856 - 860
144. Whitecloud TS: Anterior surgery for cervical spondylotic myelopathy, *Spine*, 1988, 13: 861 - 863
145. Wilke HJ, Kettler A, Goetz C, Claes L: Subsidence resulting from simulated postoperative neck movements. An in vitro investigation with a new cervical fusion cage; *Spine*, 2000, 25: 2762 - 2770,
146. Yonenobu K: Cervical radiculopathy and myelopathy: when and what can surgery contribute to treatment?; *Eur Spine J*, 2000, 9: 1 - 7
147. Yonenobu K, Abumin K, Nagata K, Taketomi E, Ueyama K: Interobserver and intraobserver reliability of the Japanese Orthopedic Association Scoring System for evaluation of cervical compression myelopathy; *Spine*, 2001, 26: 1890 - 1895

148. Yoshida M, Otani K, Shibasaki K, Ueda S: Expansive laminoplasty with reattachment of the spinous process and extensor musculature for cervical myelopathy; *Spine*, 1992, 17: 491 - 497
149. Yoss RE, Corbin KB, McCarty CS, Love JG: Significance of symptoms and signs in localization of involved root in cervical disc protrusion; *Neurology*, 1957, 7: 673 - 683
150. Zevgarides D, Thomé L, Krauss JK: Prospective controlled study of rectangular titanium cage fusion compared with iliac crest autograft fusion in anterior cervical discectomy; *Neurosurg Focus*, 2002, 12 (1): Article 2
151. Zoega B, Kärrholm J, Lind B: Outcome scores in degenerative cervical disc surgery, *Eur Spine J*, 2000; 9: 137 - 143

11. Danksagung

Mein besonderer Dank gilt Prof. Dr. Ullrich Meier für die freundliche Überlassung des Dissertationsthemas und für das Wecken des Interesses für diese interessante Thematik. Ich danke sehr für seine engagierte und zugleich geduldige Betreuung, für seine hilfreichen Ratschläge sowie die praktische und theoretische Begleitung der Dissertation.

Weiterer Dank gilt den Kollegen der Neurochirurgischen Klinik für ihre freundliche Hilfe und Unterstützung.

Für die Hilfe bei der Beschaffung und Bereitstellung der Literatur danke ich den Mitarbeitern der Bibliothek des Unfallkrankenhauses Berlin, insbesondere Frau Wulfert.

12. Lebenslauf

Mein Lebenslauf wird aus Datenschutzgründen in der elektronischen Version meiner Arbeit nicht mit veröffentlicht.

13. Erklärung

Ich, Holger Menz, erkläre, dass ich die vorgelegte Dissertationsschrift mit dem Thema: „Krankheitsverlauf nach ventraler Spondylodese der Halswirbelsäule“ selbst verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt, ohne die (unzulässige) Hilfe Dritter verfasst und auch in Teilen keine Kopien anderer Arbeiten dargestellt habe.

Holger Menz