

Aus der Neurochirurgischen Klinik
der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf

Direktor: Prof. Dr. Hans-Jakob Steiger

Untersuchung des langfristigen Outcome in Bezug auf die
Lebensqualität nach mikrochirurgischer Operation von
Bandscheibenvorfällen

Dissertation

zur Erlangung des Grades eines Doktors der Medizin
der Medizinischen Fakultät der Heinrich-Heine-Universität
Düsseldorf

vorgelegt von

Ilja Burkert

2017

**Als Inauguraldissertation gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der
Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf**

gez.:

Dekan: Prof. Dr. Nikolaj Klöcker

Erstgutachter: Prof. Dr. Hans-Jakob Steiger

Zweitgutachter: PD Dr. Bernd Turowski

Für meine Eltern

Kongressbeiträge und Veröffentlichungen

- 1) Ilja-Paul Burkert, Sven Eicker, Hans-Jakob Steiger, Daniel Hänggi, Sebastian Ahmadi (2011):
Multidimensional outcome measurement after microdiscectomy, DWG Tagung Hamburg.
- 2) Ilja-Paul Burkert, Sven Eicker, Hans-Jakob Steiger, Daniel Hänggi, Sebastian Ahmadi (2011):
Multidimensional outcome measurement after microdiscectomy, WS Sektionstagung Dresden.

Inhaltsverzeichnis

	Inhaltsverzeichnis	5
	Tabellenverzeichnis	8
	Abkürzungsverzeichnis	9
1	Einleitung	10
1.1	Geschichte der Bandscheibenchirurgie	10
1.2	Demographie und Epidemiologie der Rückenleiden und Bandscheibenvorfälle	12
1.3	Pathophysiologie der Bandscheibenvorfälle	13
1.4	Aktuelle mikroskopische und makrochirurgische Verfahren	16
1.4.1	Grundbegriffe	16
1.4.2	Makrochirurgische Verfahren	17
1.4.3	Mikroskopische Verfahren	17
1.4.4	Vergleich makrochirurgischer und mikroskopischer Verfahren	19
1.5	Bisherige Datenlage zu den Operationsergebnissen	20
1.6	Problemdarstellung und spezifische Fragestellungen	22
2	Methoden	23
2.1	Auswahl des Patientenkollektivs	23
2.2	Fragebogen nach dem Oswestry-Disability-Index	23
2.3	Erhebung weiterer Daten	27
2.4	Klinische Daten der Analyse	28
2.5	Testverfahren	36
2.5.1	Chi-Quadrat-Unabhängigkeitstest	36
2.5.2	Kruskal-Wallis-Test/Mann-Whitney-U-Test	37
2.5.3	Mann-Whitney-U-Test	37
2.5.4	T-Test für zwei unverbundene Stichproben	38
2.5.5	Einfaktorielle ANOVA (Analysis of Variance)	38
2.5.6	Korrelationen	39
2.5.6.1	Korrelationskoeffizient nach Pearson	39
2.5.6.2	Korrelationskoeffizient nach Spearman (erläutert nach Weiß)	39
2.5.6.3	Partielle Korrelation und Bootstrapping	40

2.5.7	Regressionsanalyse.....	41
3	Ergebnisse	42
3.1	Einfluss der Lokalisation des Bandscheibenvorfalls auf klinische Symptome prä-und postoperativ	42
3.2	Einfluss der Anamnesedauer auf die Symptomatik	46
3.3	Einflussfaktoren auf den langfristigen Oswestry-Disability-Index.....	48
3.4	Auswirkungen des pathoanatomischen Schweregrades auf die klinischen Befunde	57
3.5	Auswirkungen der Größe des Vorfalls auf die klinischen Befunde.....	58
3.6	Auswirkungen zusätzlicher ossärer Veränderungen auf die klinischen Befunde	60
3.7	Wechselwirkungen klinischer Symptome untereinander	61
3.8	Einfluss des Alters.....	67
3.9	Einfluss des Geschlechts	70
3.10	Partielle Korrelationen	72
3.11	Übersicht	75
4	Diskussion	78
4.1	Lokalisationsassoziation der klinischen Symptomatik.....	79
4.2	Einfluss der präoperativen Anamnesedauer auf die klinische Symptomatik	80
4.3	Einflussfaktoren auf den langfristigen Oswestry-Disability-Index.....	81
4.4	Auswirkungen des pathoanatomischen Schweregrades auf die klinischen Befunde	87
4.5	Auswirkungen der Größe des Vorfalls auf die klinischen Befunde.....	88
4.6	Auswirkungen zusätzlicher ossärer Veränderungen auf die klinischen Befunde	89
4.7	Wechselwirkungen klinischer Symptome untereinander	90
4.8	Einfluss des Alters.....	92
4.9	Einfluss des Geschlechts	94
4.10	Zusammenfassung	96

5	Literaturverzeichnis	97
6	Lebenslauf	99
7	Danksagung	100
8	Eidesstattliche Versicherung	101

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1	Häufigkeitsverteilung langfristiger ODI	42
Tabelle 2	Einfluss der Lokalisation des Bandscheibenvorfalls auf prä- und postoperative klinische Symptome	43
Tabelle 3	Einfluss der Anamnesedauer auf die klinische Symptomatik	46
Tabelle 4	Einflussfaktoren auf den langfristigen ODI	49
Tabelle 5	Beeinflussung klinischer Befunde durch den pathoanatomischen Schweregrad	57
Tabelle 6	Größe des Bandscheibenvorfalls und klinische Befunde	59
Tabelle 7	Zusätzliche ossäre Veränderungen und klinische Befunde	60
Tabelle 8	Klinische Befunde kombiniert	61
Tabelle 9	Auswirkungen des Alters	67
Tabelle 10	Auswirkungen des Geschlechts	70
Tabelle 11	Partielle Korrelationen	72
Tabelle 12	Übersicht über die wichtigsten Zusammenhänge	75

Abkürzungsverzeichnis

ANOVA	Analysis of Variance
BSV	Bandscheibenvorfall
FBA	Finger-Boden-Abstand
FBSS	Failed-back-surgery-syndrome
ILAF	Intralaminäre Fensterung
ODI	Oswestry-Disability-Index
PNS	Peripheres Nervensystem
VAS	Visuelle Analogskala

1 Einleitung

Um sich dem Thema dieser Arbeit zu nähern, wird hier auf die Vergangenheit der Bandscheibenchirurgie eingegangen:

1.1 Geschichte der Bandscheibenchirurgie

Im Folgenden werden die Daten, die wegweisend für die Entwicklung der modernen Bandscheibenchirurgie waren, kurz chronologisch nach Moskopp (2005) und Schulitz (1999) wiedergegeben:

Als Ausgangspunkt kann das Jahr 1543 bezeichnet werden: Hier beschrieb A. Vesalius, ein Chirurgieprofessor aus Padua, erstmals die Anatomie der menschlichen Bandscheiben.

Im Jahr 1838 beschrieb C.A. Key erstmals den pathophysiologischen Zusammenhang zwischen einer Rückenmarkläsion und einem rupturiertem thorakalen BSV (Bandscheibenvorfall).

F.L.J. Valleix beschrieb 1905 die nach ihm benannten Valleixschen Ischiasdruckpunkte. Er erkannte, dass ein Druckschmerz über den Austrittsstellen des Nervus ischiadicus (Lumbal-, Iliosakral-, oberer Glutäalpunkt, sowie unterer Glutäal-, Popliteal-, Peronäal- und Malleolarpunkt) ein guter Indikator einer Ischialgie ist.

1909 führten F. Krause und H. Oppenheim erstmals die Bezeichnung "Cauda-equina-Kompression" ein und beschrieben einen kausalen Zusammenhang mit BSV.

1911 beschrieben G.S. Middleton und J.H. Teacher eine Querschnittslähmung, die auf eine thorakale Bandscheibenruptur zurückzuführen war.

1922 führte W. Adson erstmals erfolgreich eine operative Behandlung eines thorakalen BSV (TH6) durch.

Die ersten lumbalen Bandscheibenoperationen mit Hemilaminektomie wurden 1934 von dem Neurochirurgen W.J. Mixer und dem orthopädischen Chirurgen J.S. Barr durchgeführt. Zudem identifizierten sie den lumbalen Diskusprolaps als eine Ursache der Ischialgie.

1938 folgte J.G. Love mit einer weiteren lumbalen Bandscheibenoperation. Während Mixer und Barr vier Jahre zuvor einen breiten, transduralen Zugang zur Bandscheibe mit

Hemilaminektomie gewählt hatten, führte Love erstmals die sogenannte Intralaminäre Fensterung (ILAF) durch, wodurch dann nur noch ein deutlich kleinerer operativer Zugangsweg nötig war.

1949 beschrieb W. Bärtschi-Rochaix die Verlagerung von zervikalem Bandscheibengewebe als Ursache des sogenannten "Schulter-Arm-Syndroms".

1950 operierte L. Hult erstmals einen lumbalen BSV mit einem ventrolateralen retroperitonealen Zugang zum Intervertebralraum.

1951 führte R. Frykholm die dorsale Foraminotomie ein. Die von ihm zuerst durchgeführte Operationsmethode für BSV der HWS trägt seitdem seinen Namen (Operation nach Frykholm).

1955 führten R.A. Robinson und G.W. Smith die ventrale Diskektomie mit Spondylodese an der HWS ein. Als Material für die Spondylodese benutzten sie dabei autologen trikortikalen Beckenkammspan.

1958 führte R.B. Cloward ebenfalls eine ventrale Diskektomie mit Spondylodese an der HWS durch, als Ersatzmaterial benutzte er allerdings einen autologen zylindrischen Beckenkammdübel.

1960 entwickelte A. Hulm die Kostotransversektomie als operativen Zugangsweg zur Therapie des thorakalen BSV.

1964 führte L. Smith erstmals eine intradiskale Injektion von Chymopapain zur Therapie einer Bandscheibenprotrusion durch.

1966 operierten H. Verbiest und H. Pazy Geuse einen BSV der HWS mit ventrolateralem Zugangsweg.

1967 modifizierten W. Grote und P. Röttgen die Spondylodese-technik: Statt des bisher üblichen Knochendübelns verwendeten sie eine Plombe aus Polymethylmetacrylat.

1975 führte S. Hijikata erstmals die geschlossene perkutane Nukleotomie mit posterolateralem Zugang durch und räumte die Bandscheibe mit Faszangen aus.

1977 führten F. Loew und W. Caspar das Mikroskop zur Operation lumbaler BSV ein.

1982 führten A. Schreiber und Y. Suezava die perkutane Diskoskopie als Operationsmethode ein (Krämer, 2005).

Die moderne mikrochirurgische Technik entwickelte sich also hauptsächlich in den späten 1970er und 1980er Jahren. Maßgeblich waren hierfür unter anderem die Einführung modernerer Lichtquellen wie zum Beispiel des Operationsmikroskops. Diese ermöglichten erstmals einen schmaleren Zugang zum betroffenen Bandscheibensegment (Schulitz, Assheuer, 1999).

Zu erwähnen ist noch J. McCulloch, der 1989 herausfand, dass die Vorgänge in den Segmenten L4/5 und L5/S1 sich nicht sublaminär, sondern interlaminär abspielen und dass eine partielle Laminektomie sowie die Entfernung nur kleiner Anteile des unteren Bogenrandes völlig ausreichen (Moskopp, 2005).

1.2 Demographie und Epidemiologie der Rückenleiden und Bandscheibenvorfälle

Rückenbeschwerden und Lumboischialgien sind in der Bevölkerung sehr weit verbreitet. So gut wie jeder Mensch bekommt im Laufe des Lebens Rückenbeschwerden. Ein Großteil der Rückenbeschwerden ist auf das Nervenwurzelreizsyndrom zurückzuführen. Cirka 50% der Bevölkerung (in den Industrieländern) wird im Laufe des Lebens mindestens einmal wegen eines Nervenwurzelreizsyndroms behandelt, die meisten davon in der fünften Lebensdekade. Die Ursache des Nervenwurzelreizsyndroms sind in den meisten Fällen BSV.

Von allen BSV entfallen ca. 10-20% auf die HWS, 1% auf die BWS und 80-90% auf die LWS.

Lumbale BSV sind also mit Abstand am häufigsten anzutreffen (Berchthold, 2008).

Unter den lumbalen BSV sind die Höhen ebenfalls sehr ungleich verteilt: L1/2 und L2/3 sind sehr selten. Auf die Höhe L3/4 entfallen ca. 5% der BSV. Mit Abstand am häufigsten sind die Ebenen L4/5 und L5/S1 betroffen. Die Angabe der Häufigkeiten schwanken je nach Autor: Nach Berchthold (2008) ist das Segment L5/S1 am häufigsten betroffen; laut Schirmer (2005) ist die Höhe L4/5 am häufigsten betroffen und L5/S1 am zweithäufigsten. Zusammenfassend lässt sich also feststellen, dass Vorfälle der Segmente L4/5 und L5/S1 jeweils etwa 45-50% der Gesamtvorfälle ausmachen.

Zu den prädiktiven Faktoren für die Entstehung von Bandscheibenprotrusionen und -prolapsen gehören die familiäre Häufung sowie rezidivierende schwere körperliche Belastungen:

Eine Studie von 1975 weist mit einer Odds Ratio von 3,6 auf einen klaren Zusammenhang mit der familiären Vorbelastung hin (Zhang 2009). Dieselbe Studie fand auch mit einer Odds Ratio von 1,9 einen deutlichen Zusammenhang zu schwerer Arbeitsbelastung. Auch Bewegungsmangel ist relevant: Regelmäßige moderate körperliche Betätigung wirkt sich mit einer Odds Ratio von 0,5 eindeutig protektiv aus. Exzessiver Sport wird hingegen in der Literatur als Risikofaktor gewertet. Das Schlafen auf einem harten Bett wirkte sich mit einer Odds Ratio von 0,4 ebenfalls protektiv aus. Den Rücken belastende Tätigkeiten sind mit einer Odds Ratio von 2,1 ebenfalls ein deutlicher Risikofaktor.

Die Studie fand nach Altersstratifizierung noch wesentlich deutlichere Zusammenhänge für Patienten mit einem Alter von weniger als 30 Jahren: Für die familiäre Vorbelastung fand sich eine Odds Ratio von 14,5 und für moderate körperliche Betätigung eine Odds Ratio von 0,2 (Zhang 2009).

Rezidivierende schwere körperliche Belastungen, vor allem bei gleichzeitiger Fehlhaltung, zählen zu den Auslösern eines akuten Bandscheibenprolaps. Traumata (z.B. Unfälle) sind in seltenen Fällen ebenfalls Verursacher des akuten Bandscheibenvorfalles (Moskopp 2005).

1.3 Pathophysiologie der Bandscheibenvorfälle

Um sich dem Thema „mikroinvasive Bandscheibenoperationen“ ein wenig zu nähern, ist es sinnvoll, sich mit der Anatomie und Pathophysiologie der Bandscheiben, insbesondere im Bereich der LWS, auseinanderzusetzen. Der anatomische Grundaufbau sieht folgendermaßen aus: Die Bandscheiben liegen jeweils zwischen zwei Wirbelkörpern und bestehen aus einem gallertigen Kern (Nucleus pulposus) und einem Faserring (Anulus fibrosus). Wenn es auf Grund degenerativer Erscheinungen zu einer Vorwölbung (Protrusion) des Gallertkerns oder zu einem Riss des Faserrings kommt, können Nerven und Gefäße komprimiert werden.

Bei einem medianen Vorfall kann der Duralsack selbst komprimiert werden, bei mediolateralen Vorfällen kommt es dagegen häufiger zu einer Kompression der Nervenwurzel.

Um die Problematik zu verdeutlichen, die sich durch die Kompression von Nervenwurzeln ergibt, wird an dieser Stelle die Zusammensetzung eines Spinalnervs kurz erläutert:

Das Hinterhorn des Rückenmarks enthält die afferenten (das heißt aus der Peripherie ins ZNS ziehende) sensorischen Fasern, die sich noch in viszeroafferente (Eingeweidesensibilität) und somatoafferente Fasern (Sensibilität von Haut, Muskeln und Gelenken) unterteilen lassen.

Aus dem Vorderhorn und Seitenhorn des Rückenmarks entspringen die efferenten, motorischen Fasern, die sich mit den afferenten zum Spinalnerv vereinigen und in die Peripherie ziehen. Dabei kann man auch hier zwischen den aus dem Vorderhorn entspringenden somatomotorischen (Skelettmuskulatur) und den aus dem Seitenhorn entspringenden viszeromotorischen Fasern (Eingeweidemuskulatur) unterscheiden.

Der Nervus spinalis teilt sich anschließend in einen Ramus ventralis, der die vordere und seitliche Leibeswand sowie die Extremitäten innerviert, und einen Ramus dorsalis, der die Rückenhaut und die autochthone Rückenmuskulatur innerviert.

Zwischen den viszeromotorischen Fasern und dem sympathischen Grenzstrang findet über den Ramus communicans albus und den Ramus communicans griseus ein Austausch statt.

Daraus ergibt sich, dass Bandscheibenvorfälle je nach ihrer Lokalisation unterschiedliche sensorische Ausfallerscheinungen zur Folge haben können: Wenn die vordere Wurzel des Spinalnervs betroffen ist, kommt es eher zu motorischen Ausfällen. Wird die hintere Wurzel komprimiert, sind eher sensorische Ausfallerscheinungen die Folge. Da auch häufig der schon vereinigte Spinalnerv betroffen ist, sind Kombinationen aus motorischen und sensorischen Symptomen ebenfalls häufig anzutreffen.

Nachdem das Zustandekommen der Ausfallerscheinungen auf der Ebene eines einzelnen Segmentes erklärt wurde, soll hier kurz der segmentale Aufbau der Dermatome des Körpers und dessen Relevanz für die Klinik der Bandscheibenvorfälle erläutert werden:

Zwischen jedem Wirbelkörper verlässt ein Spinalnerv den Duralsack und innerviert sensorisch ein bestimmtes Areal sowie verschiedene Muskeln beziehungsweise Muskelgruppen. Die sensorische Innervation ist dabei segmental, das heißt, jedem sensorischen Part der Spinalnerven ist ein bestimmtes, meist ringförmig angeordnetes Hautsegment zugeordnet. Dieses hat Relevanz für die klinische Untersuchung der Patienten, da sich ein möglicherweise von Schmerzen oder sensorischen Ausfallerscheinungen betroffenes Hautareal somit einem (oder mehreren) Dermatome(n) zuordnen lassen kann. Dadurch können Rückschlüsse auf die Lokalisation des BSV gezogen werden.

Die phylogenetische Herleitung dieses Innervationsprinzips ist für die Zwecke dieser Studie irrelevant.

Der erste Spinalnerv, der als solcher bezeichnet wird (C1), entspringt aus dem Rückenmark noch oberhalb des ersten Halswirbels (Atlas). Dieses Prinzip, dass die Spinalnerven jeweils oberhalb des ihnen nomenklatorisch "entsprechenden" Wirbelkörpers das Rückenmark verlassen, setzt sich über die gesamte Halswirbelsäule fort. Da jedoch insgesamt acht Spinalnerven dem Rückenmark der Halswirbelsäule zugerechnet werden, diese jedoch nur sieben Wirbelkörper hat, verlässt der Spinalnerv C8 das Rückenmark oberhalb des ersten Brustwirbels (Th1) und der erste thorakale Spinalnerv Th1 zieht dann unterhalb des Wirbelkörpers Th1 aus dem Rückenmark. Ab dem thorakalen Rückenmark ziehen die Spinalnerven dann weiterhin jeweils kaudal des "entsprechenden" Wirbelkörpers in die Peripherie.

Bei diesem „Sprung“ handelt es sich nicht um einen realen Unterschied anatomischer Verhältnisse, sondern nur um eine rein nomenklatorische Festlegung.

Hinzu kommt, dass die graue Substanz des Rückenmarks nur ungefähr bis zur Höhe des Wirbelkörpers L1 zieht. Kaudal von L1 ziehen deshalb nur noch Nervenfasern in die Tiefe, bis sie das Rückenmark durch die Foramina intervertebralia der entsprechenden Wirbelkörper verlassen. Diese werden als Cauda equina bezeichnet.

Dies hat zur Folge, dass je nachdem, ob der Vorfall eher kranial oder kaudal luxiert, bei einem BSV nicht nur der Spinalnerv der nomenklatorisch entsprechenden Höhe geschädigt werden kann. Auch der jeweils kaudale oder kraniale, bei stark kaudaler Luxation auch noch tiefer abgehende, Spinalnerven (zum Beispiel bei einem BSV der Höhe L1/2 die Spinalnerven L1, L2 oder L3) können geschädigt werden. Außerdem kann bei medianen BSV auch die gesamte Cauda-equina komprimiert werden, was zum so genannten Cauda-equina-Syndrom führt. Dieses geht mit massiven beidseitigen motorischen und sensorischen Ausfallerscheinungen sowie unter Umständen auch Inkontinenzsymptomatik einher.

Das Rückenmark ist nun (wie auch das Gehirn) noch von mehreren Häuten umgeben (Aufzählung von innen nach außen): Der Pia mater spinalis (Weiche Hirnhaut), der Arachnoidea mater spinalis (Spinnenwebshaut) und der Dura mater spinalis (Harte Hirnhaut).

Zur Stabilisierung der Wirbelsäule dient ein Bandapparat, der hier noch kurz vorgestellt wird. Dabei wird sich auf den Bandapparat der Lendenwirbelsäule beschränkt, da nur er für die hier vorgestellten Operationsverfahren von Bedeutung ist:

Auf der Wirbelkörpervorderfläche verläuft von der Schädelbasis bis zum Os sacrum das Ligamentum longitudinale anterius (vorderes Längsband). Auf der Rückseite findet sich das vom Clivus bis zum Os sacrum verlaufende Ligamentum longitudinale posterius (hinteres Längsband). Die aus elastischen Fasern bestehenden Ligamenta flava (gelbe Bänder) verlaufen zwischen den Arcus vertebrae (Wirbelbögen) und vervollständigen damit den dorsalen Halteapparat der Wirbelsäule. Zwischen den Querfortsätzen finden sich noch die Ligamenta intertransversaria.

Direkt an der Wirbelsäule findet sich die so genannte „Autochthone Rückenmuskulatur“ (M. erector spinae). Sie ist deshalb von Bedeutung, weil sie bei Operationen an der Wirbelsäule teilweise abgetrennt oder zur Seite geschoben werden muss: Diese wird in einen tief liegenden medialen Trakt und einen oberflächlicher liegenden lateralen Trakt unterteilt. Die Muskeln des medialen Trakts verlaufen jeweils zwischen den Dorn- und Querfortsätzen der Wirbelkörper, die Muskeln des lateralen Trakts zwischen der Crista iliaca, dem Os sacrum, dem Processus mastoideus und den Querfortsätzen der Wirbelkörper. Im lumbalen Bereich setzen sie auch an den Processus costales der Lendenwirbelkörper an. Die autochthone Rückenmuskulatur ist von der Fascia thoracolumbalis umgeben, die bei der Operation ebenfalls eröffnet werden muss.

1.4 Aktuelle mikroskopische und makrochirurgische Verfahren

Bevor hier makrochirurgische und mikroskopische Verfahren miteinander verglichen werden, sollen kurz einige Grundbegriffe erläutert und die Nomenklatur der verschiedenen Verfahren dargestellt werden:

1.4.1 Grundbegriffe

Bei der Foraminotomie wird, um die Spinalnerven freizulegen, das Foramen intervertebrale operativ erweitert. Die Inzision des Ligamentum flavum nennt man Flavotomie, die Resektion des Bandes Flavektomie: Das Ziel beider Verfahren ist der Zugang zum Spinalkanal. Bei der Laminektomie wird der gesamte Wirbelbogen inklusive des Dornfortsatzes bis zu den Intervertebralgelenken entfernt. Bei der Hemilaminektomie wird nur eine Hälfte des Wirbelbogens bis zu den Intervertebralgelenken entfernt. Die Laminotomie/Interlaminäre Fensterung/Interarkuale Fensterung beschreibt ein Verfahren, bei dem Teile des Wirbelbogens entfernt werden, ohne die Kontinuität des Knochens dabei zu unterbrechen.

1.4.2 Makrochirurgische Verfahren

Das klassische Verfahren zur Operation an der Lendenwirbelsäule ist die Interlaminäre Fensterung nach Love und Camp (1937): Die Operation erfolgt in der sogenannten „Knie-Hock-Lage“ (auf dem Bauch) oder in Seitlagerung (Berchthold 2008). Der Hautschnitt erfolgt entweder median oder paramedian des betroffenen Wirbelsegmentes. Danach muss zunächst einmal die Muskelfaszie gespalten werden. Anschließend kann dann die Muskulatur stumpf von der Wirbelsäule abgeschoben werden; bei der Ablösung der Muskelansätze von den Dornfortsätzen und den Wirbelbögen ist dabei jedoch eine scharfe Abtrennung erforderlich (Schirmer 2005). Vom Ligamentum spinosum kann die Muskulatur hingegen wieder stumpf abgeschoben werden. Nun kann ein Spekulum bzw. ein Sperrer eingesetzt werden, eventuell kann die Darstellung des Wirbelbogens unter Bildwandlerkontrolle erfolgen. Anschließend wird das Ligamentum flavum soweit eröffnet, bis sich eine Stanze einbringen lässt. Falls nötig, kann das Fenster durch Teilresektionen des oberen oder unteren Wirbelhalbbogens erweitert werden. Nun können die Nervenwurzel, der Duralsack und das prolabierte Bandscheibengewebe dargestellt werden. Letzteres kann dann mit einer Fasszange entfernt werden (Moskopp 2005).

1.4.3 Mikroskopische Verfahren

Das Standardverfahren ist der Interlaminäre Zugang: Zu Beginn erfolgt ein etwa 3 cm langer Hautschnitt senkrecht zur Mittellinie in Höhe des BSV. Je nachdem, ob der Vorfall eher kranial oder kaudal des Diskus lokalisiert ist, kann der Schnitt auch etwas ober- oder unterhalb der Bandscheibe angelegt werden. Nach dem Hautschnitt wird der Wundrand mit einer Pinzette gefasst und 1-2 cm nach lateral verlagert. In diesem nach lateral verlagerten Operationssitus wird dann die Lumbodorsalfaszie inzidiert. Das Doppelblatt des Lumbodorsalfaszie wird mit der Schere erweitert, die medialen Blätter werden mit einem Kocher nach medial gehalten. Danach sucht man mit einem Rasparatorium den nächsthöher gelegenen Dornfortsatz auf und verfolgt diesen ventral bis zum Unterrand der Lamina. Nun wird ein Dissektor unter den Unterrand des nächsthöher gelegenen Wirbelbogens gelegt. Danach wird die paraspinale Muskulatur mit einem Rasparatorium und einem Langbeckhaken zur Seite geschoben, bis sich ein Retraktor einführen lässt. Anschließend kann das Mikroskop eingesetzt werden.

Nun kann die Flavektomie erfolgen. Bei einem Vorfall der Höhen L4/5 infradiskal und L5/S1 reicht eine laterale Flavektomie. Bei Vorfällen höher gelegener Segmente müssen dagegen

Teile des Knochens (Teile des nächst höher gelegenen Wirbelbogens) mit einer Stanze reseziert werden.

Das Ligamentum flavum wird so lange abgetragen, bis der laterale Durarand und die Wurzeltasche sichtbar werden. Diese können bei großen Vorfällen nach medial verlagert sein.

Anschließend kann das prolabierte Bandscheibenmaterial mit einer Faszange entfernt werden. Sollte sequestriertes Material noch von einer epiduralen Membran umgeben sein, kann diese mit einem stumpfen Dissektor durchstoßen werden. Zum endgültigen Entfernen des Bandscheibenmaterials sucht man die Perforationsstelle des Anulus fibrosus auf.

Nach Entfernung des prolabierten Materials wird der Wundverschluss schichtweise durchgeführt, wobei die Haut mit einer intrakutanen Naht adaptiert werden kann.

An dieser Stelle sollen noch die Besonderheiten des mikroskopischen Verfahrens bei bestimmten Lokalisationen erwähnt werden:

Bei BSV mit Nervenwurzelkompressionen der Segmente L1/2, L2/3, L3/4 ist das operative Erreichen des Wirbelkanals schwierig, weil in diesem Abschnitt eine breite Lamina vorhanden ist und die Zwischenwirbelabschnitte vollständig überlagert werden. Daher muss zunächst eine weitreichende Resektion des Wirbelbogens (meist Hemilaminektomie) erfolgen.

Ferner bestehen Schwierigkeiten dadurch, dass der Wirbelkanal schmaler als in den unteren Segmenten ist und die Nervenwurzeln eher horizontal aus dem Duralsack abgehen.

Vor der Operation muss man sich entweder für einen paravertebralen intertransversalen Zugang oder, wie bei den tieferen Segmenten, für einen dorsalen interlaminären Zugang entscheiden.

Das anschließende Vorgehen hängt davon ab, ob der Vorfall eher auf diskaler oder infradiskaler Ebene zu finden ist, wo dann mit einem Rasparatorium die obere interlaminäre Ecke freigelegt wird, oder ob er supradiskal gelegen ist, wobei dann meistens ein komplette Hemilaminektomie durchgeführt werden muss.

Danach wird die Lamina nach lateral hin bis zur Interartikularposition entfernt, sodass die laterale Wirbelkanalwand mit dem Dissektor palpiert werden kann.

Die Entfernung des Prolaps oder Sequesters erfolgt dann wie oben für die anderen Segmente beschrieben (Krämer 2005).

Besonderheiten L4/5: Insgesamt ist das Auffinden der richtigen Lokalisation etwas schwieriger als auf Höhe L5/S1, weil das Os sacrum als Orientierungsmarke zur Palpation nicht zur Verfügung steht. Der interlaminäre Abstand im Segment L4/5 ist kürzer als in L5/S1. Bei der Operation ist es erforderlich, den Unterrand des Bogens von L4 abzutragen, um den lateralen Durarand zu erreichen. Zudem befinden sich im Operationssitus nur Dura und relativ wenig epidurales Fett. Die Nervenwurzel L5 ist ebenfalls nur schwer auffindbar, diese befindet sich infradiskal lateral.

Der Hautschnitt erfolgt neben dem kaudalen Anteil des Dornfortsatzes L4 median. Die Faszie wird anschließend paramedian inzidiert.

Besonderheiten L5/S1: Es liegt ein eher schmaler Bogen L5 vor. Kaudal liegt das Os sacrum. Bei Operationen in dieser Höhe gilt es zu berücksichtigen, dass man bei der Darstellung der Lamina und des Ligamentum flavum auf einen fettgefüllten Hohlraum trifft. Dieser kommt durch die Querlage des lumbosakralen Wirbelgelenks zu Stande. Hinzu kommt, dass S1 die einzige Nervenwurzel ist, die beim Überqueren der Bandscheibe außerhalb des Duralsacks verläuft und mit reichlich epiduralem Fett umgeben ist. Dies macht eine sehr genaue Identifizierung der Nervenwurzel bei der Operation erforderlich.

Der Hautschnitt erfolgt medial bis 3 cm kaudal des Dornfortsatzes L5. Die Lumbodorsalfaszie wird 1cm paravertebral inzidiert. Nach der Flavektomie muss die Wurzel S1 medialisiert werden, falls diese durch einen Prolaps stark nach lateral verdrängt wurde. Das weitere Vorgehen gleicht dann dem oben schon für L4/5 und L5/S1 beschriebenen.

1.4.4 Vergleich makrochirurgischer und mikroskopischer Verfahren

Grundsätzlich besteht der Unterschied zwischen der makrochirurgischen und der mikroskopischen Verfahrensweise darin, dass ein wesentlich kleinerer Hautschnitt nötig ist. Ansonsten sind sich die Verfahren, was die Reihenfolge der Maßnahmen und die Art des Eingriffs betrifft, ausgesprochen ähnlich. Die oben dargestellten Verfahren können im Prinzip auch zur Dekompression von Stenosen des Spinalkanals verwendet werden. Hierbei sind die Vor- und Nachteile identisch mit denen bei der operativen Behandlung des BSV.

Vorteile der mikroskopischen gegenüber den makrochirurgischen Verfahren:

Es bleiben mehr Muskeln und Nerven erhalten. Es sind bessere Frühmobilisation und Rehabilitation möglich. Das Operationstrauma ist geringer. Es gibt weniger Narbenbildung; damit ist vor allem die sogenannte "innere Narbe" gemeint, die wegen der möglichen Gefahr einer erneuten Nervenkompression für das Langzeitergebnis besonders bedeutsam ist. Es werden weniger Nerven und Gefäße verletzt. Der Blutverlust ist geringer. Die Ausbildungsmöglichkeiten für angehende Chirurgen sind besser, da beim Blick durchs Mikroskop beide Operateure das gleiche Gesichtsfeld haben (Krämer 2005).

Nachteile der mikroskopischen Chirurgie:

Grundsätzlich ist zu sagen, dass das Operieren in einem schmalen und tiefen Kanal technisch anspruchsvoller ist als in einem offenen Operationssitus. Da in der Lernphase die Orientierung noch unzureichend ist, unterlaufen sich noch in der Ausbildungsphase befindenden Chirurgen hier häufiger Fehler. Das bedeutet wiederum ein häufigeres Auftreten von Nerven- und Gefäßverletzungen. Außerdem wird öfter unzureichend dekomprimiert und es wird häufiger die falsche Etage aufgesucht. Die grundsätzlichen Vorteile schlagen bei unzureichender Erfahrung also ins Gegenteil um (Krämer 2005).

1.5 Bisherige Datenlage zu den Operationsergebnissen

Zum Langzeitverlauf nach mikroskopischen Bandscheibenoperationen der LWS gibt es insgesamt nur wenige Studien. Eine Übersicht über die bisher existierende Datenlage soll hier dargestellt werden.

Als erstes soll an dieser Stelle eine Studie von Jhala (2010) zitiert werden, die sich mit mikroendoskopisch operierten BSV beschäftigt. Zwar können die Ergebnisse wegen des anderen Operationsverfahrens nicht ohne Weiteres übertragen werden, allerdings haben alle gefundenen Studien (einige von ihnen werden im Diskussionsteil genauer betrachtet) bisher gezeigt, dass es bezüglich der klinischen Ergebnisse keine relevanten Unterschiede zwischen mikroinvasiven und verschiedenen offen chirurgischen Operationsverfahren gibt. In der Studie wurden 100 Patienten untersucht, die auf Grund einer singulären Nervenwurzelaffektion operiert werden mussten. Einschlusskriterium war unter anderem ein positives Laseguezzeichen. Untersuchungskriterien waren Schmerzen und neurologische Ausfälle; die Patienten wurden im Verlauf 2, 6 und 12 Wochen nach der Operation

untersucht. Bei diesen Nachsorgeuntersuchungen fanden sich bei 91% der Patienten ein sehr gutes oder gutes Ergebnis, bei 5% ein befriedigendes und nur 4% der Patienten wiesen ein derart unbefriedigendes Ergebnis auf, dass sie erneut operiert werden mussten (Jhala 2010).

Auch zu dieser Studie muss allerdings gesagt werden, dass zwar die Untersuchung 12 Wochen nach der Operation eine gewisse Aussagekraft in Bezug auf das Langzeitergebnis hat, langfristige Ergebnisse bezüglich der Lebensqualität mehrere Jahre postoperativ aber nicht eruiert wurden.

Als nächstes wird die 283 Patienten umfassende Studie von Peul (2008) angeführt, die sich mit der Frage beschäftigt, ob eine schnelle Operation oder ein längeres abwartendes konservatives Konzept zu besseren Ergebnissen führt: 141 Patienten wurden zügig einer chirurgischen Therapie unterzogen und bei 142 Patienten wurde das abwartende Vorgehen angewandt. Insgesamt zeigte sich, dass eine schnelle Operation zwar zu einer schnelleren Reduktion der Beinschmerzen führte, aber in der Folgeuntersuchung nach zwei Jahren keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen mehr bestanden. Insgesamt zeigten 80% der Patienten ein zufriedenstellendes und 20% ein nicht zufriedenstellendes Ergebnis (Peul 2008).

Dieses Resultat steht teilweise im Widerspruch zu den Ergebnissen dieser Arbeit, die einen signifikanten Einfluss der präoperativen Anamnesedauer auf das Langzeitergebnis postulieren. Dies wird im Ergebnis- und Diskussionsteil weiter ausgeführt.

Die 149 Patienten umfassende Studie von Latorraca (2004) zeigte, dass bei den meisten Patienten, die mit einem mikroendoskopischen Verfahren operiert wurden, eine gute postoperative Erholung bei radikulären Beschwerden eintrat (Latorraca 2004). Auch bei dieser Studie fehlen allerdings jegliche Daten zum Langzeitverlauf, die Erholungstendenz bezieht sich nur auf das kurzfristige Ergebnis.

Weitere für den Zweck dieser Arbeit verwertbare Studien, außer den hier und im Diskussionsteil zitierten, ließen sich zu diesem Thema nicht finden. Außer einer grundsätzlichen Tendenz zu einer guten postoperativen Erholung und einer im Allgemeinen großen Zufriedenheit seitens der Patienten können deshalb im Vorfeld keine Aussagen getroffen werden.

1.6 Problemdarstellung und spezifische Fragestellung

Im letzten Abschnitt der Einleitung soll auf die Spezifika der hier vorgestellten Studie eingegangen und eine eindeutige Fragestellung formuliert werden:

Es geht darum, die langfristige Entwicklung der Lebensqualität von Patienten mit mikroskopisch operierten BSV zu untersuchen. Das heißt, es sollen hier nicht nur die unmittelbar nach der Operation, sondern vor allem die mehrere Jahre nach der Operation erhobenen Daten herangezogen werden. Wie im letzten Abschnitt bereits dargestellt wurde, ist die bisherige Datenlage dazu für lumbale BSV eher begrenzt. Die vorliegende Arbeit beabsichtigt somit eine Lücke schließen.

Die wichtigsten Bezugspunkte dieser Untersuchung sind hierbei Lebensqualität, Schmerzen und Beeinträchtigungen des Alltagslebens. Zur Erfassung der genannten Parameter des Langzeitverlaufs dient hier der ODI (Oswestry-Disability-Index), der im Methodenteil genauer erläutert wird.

Die Patienten der vorliegenden Studie wurden in der Regel sowohl zum Zeitpunkt der stationären Aufnahme als auch einen Tag nach der Operation eingehend klinisch untersucht. Vor allem der neurologische Status, also motorische und sensorische Ausfallerscheinungen sowie Schmerzsymptomatik wurden dabei zumindest bei einem Großteil der Patienten genau erfasst. Die Patienten wurden dann üblicherweise zur Ergebniskontrolle zu einem Termin 6-8 Wochen nach der Operation wieder in die Klinik einbestellt. Somit ist ein Vergleich des Zustands präoperativ und postoperativ zu verschiedenen Zeitpunkten möglich. Das grundsätzliche Problem besteht jedoch darin, dass der Langzeitverlauf der erhobenen Parameter in der Regel nicht mehr eruiert werden kann. Außerdem ist mit der Erfassung der klinischen Parameter für Paresen, Hypästhesien, Schmerzen etc. noch keine zureichende Aussage darüber getroffen, inwiefern die Lebensqualität der betroffenen Patienten durch die Beschwerden beeinträchtigt wird.

Es soll also in der vorliegenden Arbeit darum gehen, einerseits ein verlässliches und quantifizierbares Langzeitergebnis für Patienten mit mikroskopisch operierten lumbalen BSV zu bekommen und andererseits die Abhängigkeit des Langzeitergebnisses von multiplen Faktoren (unter anderem Symptomatik, Anamnesedauer, Größe des BSV etc.) zu untersuchen.

2 Methoden

2.1 Auswahl des Patientenkollektivs

Für die Studie zum Thema “Outcome nach mikroinvasiven Bandscheibenoperationen“ wurde zunächst einmal eine Liste mit allen Patienten generiert, die im Zeitraum von 2003 bis 2009 in der Neurochirurgie der Universitätsklinik Düsseldorf einer mikroinvasiven Operation von Bandscheibenvorfällen unterzogen worden waren. Diese stammt aus der Datenbank der Neurochirurgie der Düsseldorfer Universitätsklinik und umfasste 1596 Patienten. Da die Liste mit dem Computer generiert worden war und dementsprechend die Operationsmethoden primär nicht getrennt waren, mussten zunächst die Patienten aus dem Kollektiv herausgefiltert werden, die Nicht-mikroinvasiv, also endoskopisch operiert worden waren. Dies waren ca. 150 Patienten.

Unter den mikroinvasiv operierten Patienten befanden sich dann noch ca. 200, deren BSV nicht an der LWS, sondern an der HWS oder der BWS lokalisiert war. Diese wurden ebenfalls aus der Studie herausgenommen.

Aus dem so generierten Patientengut mussten schlussendlich noch diejenigen Patienten entfernt werden, deren primärer Befund kein BSV, sondern andere Erkrankungen der lumbalen Wirbelsäule waren: Spinalkanalstenosen, Spondylolisthesis, Osteochondrosen, Spondylarthrosen und Facettengelenksarthrosen. Zwar werden die genannten Erkrankungen auch als Kategorien in dieser Analyse verwendet, wie später noch dargelegt wird, allerdings als Nebenerkrankungen der BSV und nicht als primäre Operationsgründe. Darunter fielen ca. 300 Patienten.

Die so entstandene bereinigte Liste umfasste dann 939 Patienten.

2.2 Fragebögen nach dem Oswestry-Disability-Index

Das Hauptaugenmerk meiner Studie liegt wie bereits erwähnt auf der Erfassung der langfristigen postoperativen Lebensqualität der operierten Patienten. Diese lässt sich hauptsächlich über die Quantifizierung der Einschränkung des Alltagslebens durch Schmerzen, motorische und sensorische Ausfälle erfassen. Hierfür eignet sich am besten der ODI, der in Form eines Fragebogens den Patienten präsentiert werden kann (ODI nach Fairbank, 2000). An 939 Patienten wurde ein personalisierter Fragebogen verschickt. Der Anschaulichkeit wegen wird der Fragebogen an dieser Stelle präsentiert:

Behinderungsfragebogen bei Rückenbeschwerden:

Oswestry-Disability-Index

Bitte kreuzen Sie diesen Fragebogen an. Er liefert uns wichtige Informationen über ihre Rücken-und Beinbeschwerden, sowie über die Schwierigkeiten bei der Bewältigung des Alltags, die sich daraus ergeben.

Wir bitten Sie, alle Teilabschnitte, soweit das möglich ist, zu beantworten. Wählen Sie in jedem Abschnitt die für Sie zutreffendste Aussage aus.

Abschnitt 1: Schmerzstärke

- 0 Ich habe momentan keine Schmerzen.
- 1 Die Schmerzen sind momentan sehr schwach.
- 2 Die Schmerzen sind momentan mäßig.
- 3 Die Schmerzen sind momentan ziemlich stark.
- 4 Die Schmerzen sind momentan sehr stark.
- 5 Die Schmerzen sind momentan so schlimm wie nur vorstellbar.

Abschnitt 2: Körperpflege (Waschen, Anziehen etc.)

- 0 Ich kann meine Körperpflege normal durchführen, ohne dass die Schmerzen dadurch stärker werden.
- 1 Ich kann meine Körperpflege normal durchführen, aber es ist schmerzhaft.
- 2 Meine Körperpflege durchzuführen ist schmerzhaft, und ich bin langsam und vorsichtig.
- 3 Ich brauche bei der Körperpflege etwas Hilfe, bewältige das meiste aber selbst.
- 4 Ich brauche täglich Hilfe bei den meisten Aspekten der Körperpflege.
- 5 Ich kann mich nicht selbst anziehen, wasche mich mit Mühe und bleibe im Bett.

Abschnitt 3: Heben

- 0 Ich kann schwere Gegenstände heben, ohne dass die Schmerzen dadurch stärker werden.
- 1 Ich kann schwere Gegenstände heben, aber die Schmerzen werden dadurch stärker.
- 2 Schmerzen hindern mich daran, schwere Gegenstände vom Boden zu heben, aber es geht, wenn sie geeignet stehen (z.B. auf einem Tisch).
- 3 Schmerzen hindern mich daran, schwere Gegenstände zu heben, aber ich kann leichte bis mittelschwere Gegenstände heben, wenn sie geeignet stehen.
- 4 Ich kann nur sehr leichte Gegenstände heben.
- 5 Ich kann überhaupt nichts heben oder tragen..

Abschnitt 4: Gehen

- 0 Schmerzen hindern mich nicht daran, so weit zu gehen, wie ich möchte.
- 1 Schmerzen hindern mich daran, mehr als 1–2 km zu gehen.
- 2 Schmerzen hindern mich daran, mehr als 0,5 km zu gehen.
- 3 Schmerzen hindern mich daran, mehr als 100 m zu gehen.
- 4 Ich kann nur mit einem Stock oder Krücken gehen.
- 5 Ich bin die meiste Zeit im Bett und muss mich zur Toilette schleppen.

Abschnitt 5: Sitzen

- 0 Ich kann auf jedem Stuhl so lange sitzen, wie ich möchte.
- 1 Ich kann auf meinem Lieblingsstuhl so lange sitzen, wie ich möchte.
- 2 Schmerzen hindern mich daran, länger als 1 Stunde zu sitzen.
- 3 Schmerzen hindern mich daran, länger als eine halbe Stunde zu sitzen.
- 4 Schmerzen hindern mich daran, länger als 10 Minuten zu sitzen.
- 5 Schmerzen hindern mich daran, überhaupt zu sitzen.

Abschnitt 6: Stehen

- 0 Ich kann so lange stehen, wie ich möchte, ohne dass die Schmerzen dadurch stärker werden.
- 1 Ich kann so lange stehen, wie ich möchte, aber die Schmerzen werden dadurch stärker.
- 2 Schmerzen hindern mich daran, länger als 1 Stunde zu stehen.
- 3 Schmerzen hindern mich daran, länger als eine halbe Stunde zu stehen.
- 4 Schmerzen hindern mich daran, länger als 10 Minuten zu stehen.
- 5 Schmerzen hindern mich daran, überhaupt zu stehen.

Abschnitt 7: Schlafen

- 0 Mein Schlaf ist nie durch Schmerzen gestört.
- 1 Mein Schlaf ist gelegentlich durch Schmerzen gestört.
- 2 Ich schlafe aufgrund von Schmerzen weniger als 6 Stunden.
- 3 Ich schlafe aufgrund von Schmerzen weniger als 4 Stunden.
- 4 Ich schlafe aufgrund von Schmerzen weniger als 2 Stunden.
- 5 Schmerzen hindern mich daran, überhaupt zu schlafen.

Abschnitt 8: Sexualleben (falls zutreffend)

- 0 Mein Sexualleben ist normal, und die Schmerzen werden dadurch nicht stärker.
- 1 Mein Sexualleben ist normal, aber die Schmerzen werden dadurch stärker.
- 2 Mein Sexualleben ist nahezu normal, aber sehr schmerzhaft.
- 3 Mein Sexualleben ist durch Schmerzen stark eingeschränkt.
- 4 Ich habe aufgrund von Schmerzen fast kein Sexualleben.
- 5 Schmerzen verhindern jegliches Sexualleben.

Abschnitt 9: Sozialleben

- 0 Mein Sozialleben ist normal, und die Schmerzen werden dadurch nicht stärker.
- 1 Mein Sozialleben ist normal, aber die Schmerzen werden dadurch stärker.
- 2 Schmerzen haben keinen wesentlichen Einfluss auf mein Sozialleben, außer dass sie meine eher aktiven Interessen, z.B. Sport, einschränken.
- 3 Schmerzen schränken mein Sozialleben ein, und ich gehe nicht mehr so oft aus.
- 4 Schmerzen schränken mein Sozialleben auf mein Zuhause ein.
- 5 Ich habe aufgrund von Schmerzen kein Sozialleben.

Abschnitt 10: Reisen

- 0 Ich kann überallhin reisen und die Schmerzen werden dadurch nicht stärker.
- 1 Ich kann überallhin reisen, aber die Schmerzen werden dadurch stärker.
- 2 Trotz starker Schmerzen kann ich länger als 2 Stunden unterwegs sein.
- 3 Ich kann aufgrund von Schmerzen höchstens 1 Stunde unterwegs sein.
- 4 Ich kann aufgrund von Schmerzen nur kurze notwendige Fahrten unter 30 Minuten machen.
- 5 Schmerzen hindern mich daran, Fahrten zu machen, außer zur medizinischen Behandlung.

Mit diesen 10 Kategorien ließ sich die für diese Studie relevante schmerzbedingte Einschränkung des Alltagslebens am besten erfassen. Sicherlich wäre es wünschenswert, wenn zusätzlich zu der Schmerzkomponente auch noch Alltagseinschränkungen durch motorische und sensorische Ausfälle mitberücksichtigt würden. Allerdings sind diese angesichts der Tatsache, dass eine solche Untersuchung in hohem Maße die Mitarbeit der Patienten voraussetzt, sehr schwierig zu eruieren.

Der Fragebogen wird wie folgt ausgewertet: Die in den einzelnen Abschnitten erreichten Punkte werden addiert, daraus lässt sich folgender Index berechnen:

$(\text{Erreichte Punkte} / \text{maximal mögliche Punkte}) \times 100\%$.

Die Ergebnisse werden in 5 Gruppen unterteilt:

- 1) 0-20% : minimale Behinderung
- 2) 20-40% : mäßige Behinderung
- 3) 40-60% : starke Behinderung
- 4) 60-80% : invalidisierende Behinderung
- 5) 80-100 % : Bettlägerigkeit

Der auf diese Weise ermittelte Index ist der wichtigste Bezugspunkt der statistischen Auswertung.

2.3 Erhebung weiterer Daten

In insgesamt 7 Fällen kam ein Antwortschreiben von Verwandten oder Pflegeheimen, dass der betreffende Patient inzwischen verstorben sei. 441 Patienten beantworteten das Schreiben. Von den 441 Fragebögen ließen sich allerdings 134 nicht weiter sinnvoll verwerten, da die Patienten weder Name noch Geburtsdatum angegeben hatten und es somit nicht möglich war, einen Bezug zwischen dem ermittelten ODI und den anderweitig gesammelten klinischen Befunden herzustellen.

So blieben 307 Patienten übrig, deren klinischer Verlauf weiter analysiert wurde. Es wurden von allen Patienten sowohl die vor der Operation (auch Jahre vorher) als auch die nach der Operation im gesamten weiteren Verlauf entstandenen Krankenakten ausgewertet. Soweit vorhanden, wurden die radiologischen Befunde ausgewertet, das heißt, die Befundung von MRT- und CT- Bildern durch Radiologen wurde als Kriterium zur Einstufung der Pathologie der Wirbelsäule verwendet. Weiterhin wurden MRT-Bilder ausgewertet, um die Größe der BSV zu ermitteln. CT- Bilder sind dafür meist nicht geeignet, daher wurden diese nur in Einzelfällen hinzugezogen, wenn die Bildqualität so gut war, dass sie eine eindeutige Größenbestimmung des BSV zuließ.

Die auf diese Weise extrapolierten Daten wurden in eine Excel-Tabelle eingearbeitet, um sie später mit dem Statistikprogramm SPSS analysieren zu können. Deren Kategorien wurden bereits im Vorfeld entwickelt und werden im folgenden Abschnitt dargestellt. Dieses Vorgehen wurde gewählt, um Zusammenhänge zwischen den erhobenen klinischen Parametern und der durch den ODI operationalisierten Lebensqualität analysieren und darstellen zu können.

2.4 Klinische Daten der Analyse

Die Excel-Tabelle umfasste insgesamt 100 Variablen, deren Zustandekommen hier erläutert wird:

1. Das aktuelle Patientenalter: Hierfür wurden zweierlei Variablen verwendet: Einmal das Alter in Jahren als metrische Skalierung und einmal mit Aufteilung in 7 Altersgruppen als ordinale Variable: 20-30Y=1; 30-40Y=2 ... > 80Y=7. Als Bezugspunkt wurde das Datum gewählt, an dem die Patienten den Fragebogen ausgefüllt hatten. Dies war vor allem deshalb sinnvoll, weil einerseits die Erkrankungsdauer sich oft über mehrere Jahre hinzog und andererseits der ODI (der ja zu diesem Zeitpunkt erhoben wurde) die relevanteste Kategorie der Analyse war.
2. Die präoperative Anamnesedauer. Diese wurde, da sie nicht auf den Tag genau ermittelbar war, als ordinale Variable in 4 Gruppen eingeteilt: 1= 0-7 Tage; 2= 1 Woche-1 Monat, 3= 1 Monat-1 Jahr, 4= >1 Jahr
3. Die Follow-up-Anamnesedauer, das heißt der Zeitraum zwischen der Operation und dem Ausfüllen des Fragebogens in Monaten (m) als ordinale Variable.
4. Präoperative Therapie mit Analgetika als nominale Variable (0=keine Therapie; 1= Analgetikatherapie). Eine genauere Klassifizierung, die der Frage nachgeht, welches Analgetikum in welcher Dosierung verabreicht wurde, war auf Grund der Dokumentationslage nicht möglich und hätte außerdem den Rahmen dieser Untersuchung überschritten.
5. Periradikuläre Infiltrationstherapie präoperativ als nominale Variable (0=keine Periradikuläre Infiltrationstherapie; 1= Periradikuläre Infiltrationstherapie).
6. Präoperative Physiotherapie oder Krankengymnastik als nominale Variable (0=keine Physiotherapie /Krankengymnastik; 1= Physiotherapie oder Krankengymnastik).
7. Rehabilitationsmaßnahme nach der OP als nominale Variable (0= keine Rehabilitationsmaßnahme; 1=Rehabilitationsmaßnahme): Dieser Begriff wurde hier recht eng gefasst und meint nur den Aufenthalt in entsprechenden Einrichtungen (Rehabilitationskliniken).
8. Postoperative Schmerzen. Damit war die zum Zeitpunkt der Entlassung in den Arztbriefen angegebene Schmerzintensität der Patienten gemeint. Sie bezog sich dabei meist auf den Folgetag der Operation. Zwar wäre an dieser Stelle eine genauere Quantifizierung der Schmerzen, etwa mittels der Visuellen Analogskala (VAS) durchaus wünschenswert gewesen, allerdings wurde diese nur bei 10 Patienten erhoben

und dokumentiert. Deshalb wurde als Anhaltspunkt für die postoperativen Schmerzen ein Vergleich mit dem präoperativen Zustand herangezogen:

0= vollständige Regredienz im Vergleich zum präoperativen Zustand;

1 = unvollständige Regredienz; 2 = unveränderter Schmerzzustand (ordinale Variable).

9. Schmerzen nach 6-8 Wochen. Dies entsprach meist dem Zeitpunkt der Kontrolluntersuchung, zu der die Patienten nach der Operation wieder einbestellt wurden. Als Vergleichspunkt diente hier wieder der präoperative Zustand (Einteilung wie bei 8).
10. Cauda-equina-Symptomatik als nominale Variable (0 = Nein/1 = Ja). Diese Einteilung wird hier als Referenz für weitere Variablen verwendet,
11. Präoperative Hypästhesien. Da diese sich nur schwer quantifizieren ließen (etwa nach der Größe des betroffenen Areals oder dem Ausmaß des Verlustes des Schmerzempfindens etc.), wurde hier eine ordinale Variable für die Einteilung des Schweregrads gewählt: 0 = keine Ausprägung; 1 = leichte Ausprägung.; 2 = schwere Ausprägung. Diese Einteilung wird als Referenz für weitere Variablen verwendet.
12. Präoperative Parästhesien. Hier gilt das Gleiche wie für die präoperativen Hypästhesien, daher wurde auch die gleiche 0/1/2-Einteilung verwendet.
13. Postoperative Hypästhesie. Als Vergleichswert für die Beurteilung wurde der präoperative Zustand gewählt: 0 = vollständige Rückbildung; 1 = partielle Rückbildung; 2 = keine Rückbildung. 0/1/2-Einteilung wird wiederum als Referenz für weitere Variablen verwendet.
14. Postoperative Parästhesien. Hier gilt das Gleiche wie für die postoperative Hypästhesie (0/1/2- Einteilung).
15. Präoperative Claudicatio spinalis. Zur Quantifizierung der Claudicatio spinalis hätte sich die Gehstrecke in m gut geeignet. Allerdings ergab sich hier das Problem, dass diese nur bei 15% der Patienten genau erfasst worden war. Meist waren die Angaben ungenau, weshalb auch hier zur Erfassung nur eine ordinale Variable angesetzt wurde mit der gleichen 0/1/2-Einteilung wie bei 11.
16. Postoperative Claudicatio spinalis. Wie bei den bisher aufgezählten Variablen auch, wurde die Stärke der postoperativen Claudicatio spinalis mit dem präoperativen Zustand verglichen. Die Einteilung ist dieselbe wie bei 13 (0/1/2)

17. Präoperatives Schonhinken. Hier lag erneut eine Variable vor, deren Quantität kaum objektivierbar ist. Ausschließlich die subjektive Schätzung des Ausmaßes der Beschwerden konnte hier herangezogen werden mit der gleichen 0/1/2-Einteilung wie bei 11.
18. Postoperatives Schonhinken: Auch hier galt wieder als Referenz der präoperative Zustand, die Einteilung ist dieselbe wie bei 13 (0/1/2).
19. Monopedales Hüpfen präoperativ: Hier war eine etwas genauere Einschätzung möglich: 0 = keine Einschränkung des Monopedalen Hüpfens; 1 = Monopedales Hüpfen möglich, aber schmerzhaft; 2 = Monopedales Hüpfen nicht möglich (ordinale Variable).
20. Monopedales Hüpfen postoperativ: Vergleich mit dem präoperativen Zustand wie bei 13 (0/1/2-Einteilung).
21. Präoperative Stand- und Gangunsicherheit: Eine genaue Skalierung ist nicht möglich, bzw. wird in der Praxis nicht durchgeführt. Daher wurde auch hier dieselbe Einteilung wie bei 11 (0/1/2) verwendet.
22. Postoperative Stand- und Gangunsicherheit. Als Ausgangspunkt diente ebenfalls die präoperative Situation. Daher wurde dieselbe Einteilung wie bei 13 (ordinale Variable mit 0/1/2-Einteilung) verwendet.
23. Präoperativer Immobilisationsgrad: Für die Einteilung wurde eine ordinale Skalierung von 0-3 verwendet: 0 = keine Mobilitätseinschränkung; 1 = formal Paresen vorhanden, aber keine spürbare Einschränkung im Alltag spürbar; 2 = Paresen+ Schmerzen vorhanden, Alltagsleben deutlich beeinträchtigt. 3 = Immobilisation durch Schmerzen/Paresen.
24. Zehengang/-stand präoperativ: Es gab die Überlegung, Zehengang und Zehenstand getrennt zu untersuchen, allerdings zeigte sich beim Auswerten der Arztbriefe, dass Einschränkungen beim Gang und beim Stand oft nicht parallel untersucht wurden und in den wenigen Fällen, in denen die Trennung vorgenommen wurde, das Ergebnis immer zusammenfiel. Deshalb blieb es bei der vereinheitlichten Kategorie als ordinale Variable mit derselben Einteilung wie bei 11 (0/1/2).
25. Zehengang/-stand postoperativ: Vergleich mit dem präoperativen Zustand wie bei 13 (ordinale Variable mit 0/1/2-Einteilung).
26. Fersengang präoperativ: Hier wurde wieder dieselbe Einteilung wie bei 11 (ordinale Variable mit 0/1/2-Einteilung) verwendet.

27. Fersengang postoperativ: Vergleich mit dem präoperativen Zustand wie bei 13 (ordinale Variable mit 0/1/2-Einteilung).
28. Steppergang präoperativ: Hier wurde, da Unterschiede zwischen den betroffenen Patienten selten gemacht werden eine nominale Variable verwendet mit derselben 0/1-Einteilung wie bei 10.
29. Steppergang postoperativ: Dieselbe Einteilung als nominale Variable (0/1) wie beim präoperativen Befund. Eine genauere Unterscheidung war auf Grund der geringen Zahl von betroffenen Patienten nicht möglich.
30. Präoperative Harninkontinenz: Hier wurde wieder eine ordinale Einteilung gewählt mit 0 = keine Harninkontinenz; 1= eingeschränkte Kontrolle des Harns, d.h. der Harndrang wird noch bemerkt, die Patienten schaffen es aber nicht immer rechtzeitig zur Toilette; 2 = vollständiger Kontinenzverlust.
31. Präoperative Stuhlinkontinenz: Ordinale Einteilung: 0 = keine Stuhlinkontinenz; 1= verminderter Sphinktertonus, aber Kontrolle noch vorhanden; 2 = vollständiger Kontinenzverlust.
32. Postoperative Harninkontinenz: Hier wurde keine vergleichende Kategorie benutzt, sondern es blieb weiterhin bei der absoluten mit derselben ordinalen 0/1/2-Einteilung wie bei 30.
33. Postoperative Stuhlinkontinenz: Hier wurde wiederum keine vergleichende Kategorie benutzt, sondern es blieb weiterhin bei der absoluten mit derselben ordinalen 0/1/2-Einteilung wie bei 30.
34. Präoperatives Lumbovertebralsyndrom: Hier wäre eine Untersuchung der Beweglichkeit der Wirbelsäule z.B. mit dem Ott- oder Schobertest zur Quantifizierung sinnvoll gewesen, allerdings lagen die Ergebnisse dieser Untersuchungen präoperativ fast nie dokumentiert vor. Es blieb daher hier bei einer ordinalen 0/1/2-Einteilung wie bei 11.
35. Postoperatives Lumbovertebralsyndrom: Für den postoperativen-Befund wurde wieder eine vergleichende Analyse mit derselben ordinalen 0/1/2-Einteilung wie bei 13 gemacht.
36. Präoperative Lumboischialgien: Nominale Variable mit 0/1-Einteilung wie bei 10.
37. Präoperative radikuläre Symptome: Diese Kategorie wurde mit in die Analyse aufgenommen, um Patienten mit radikulären (dermatombezogenen) Beschwerden von Patienten mit nicht eindeutig einer Nervenwurzel zuzuordnenden Beschwerden zu trennen. Die Variable ist nominal skaliert mit 0/1-Einteilung wie bei 10.

38. Wurzelreizung postoperativ: Diese nominale Variable bezieht sich auf Syndrome, die postoperativ auftreten und nicht mit einem Rezidiv des BSV in Verbindung gebracht werden konnten, sondern mit narbigen Umbauvorgängen im Zusammenhang stehen: 0 = keine Wurzelreizung; 1 = Wurzelreizsyndrom; 2 = FBSS (Failed-back-surgery-syndrom); 3 = Postdiskektomiesyndrom; 4 = Wurzeltod.
39. Präoperative Fußheberparese. Mit den folgenden Variablen wurden die Paresen bestimmter Muskelgruppen analysiert. Diese dient zugleich als Prototyp, da die Einteilung für alle Paresen, sowohl präoperativ als auch postoperativ, gleich ist. Die Einteilung erfolgt als ordinale Variable in 5 Kraftgrade: Kraftgrad 5 = keine Kraftminderung; Kraftgrad 4 = eingeschränkte Muskelkraft; Kraftgrad 3 = starke Einschränkung, aber Bewegung gegen Widerstand möglich; Kraftgrad 2 = Bewegung möglich, aber nicht gegen Widerstand; Kraftgrad 1 = nur Faszikulationen und ungeordnete Kontraktionen möglich; Kraftgrad 0 = Plegie.
40. Postoperative Fußheberparese.
41. Präoperative Fußsenkerparese.
42. Postoperative Fußsenkerparese.
43. Präoperative Zehenheberparese.
44. Postoperative Zehenheberparese.
45. Präoperative Hüftbeuger-/Psoasparese.
46. Postoperative Hüftbeuger-/Psoasparese.
47. Präoperative Quadrizepsparese.
48. Postoperative Quadrizepsparese.
49. Präoperative Kniebeugerparese.
50. Postoperative Kniebeugerparese.
51. Präoperative Glutaeusparese.
52. Postoperative Glutaeusparese.
53. Präoperative Beinparese.
54. Postoperative Beinparese.
55. Präoperativer Finger-Boden-Abstand in cm als metrisch skalierte Variable. Dieser dient einerseits als Maß für die Beweglichkeit der Gelenke, Sehnen und Muskeln und ist andererseits ein Indikator für schmerzbedingte Einschränkungen der Wirbelsäulenbeweglichkeit.
56. Postoperativer Finger-Boden-Abstand. Gleiches Maß wie bei 55.

57. Babinski-Reflex. Dieser diente als Indikator für Pyramidenbahnschädigungen, die bei massiven spinalen Verengungen durch große BSV vorkommen können. Die Variable ist nominal skaliert (0 = Babinski negativ; 1 = Babinski positiv).
58. Laseguezeichen links präoperativ. Dieses dient zugleich als Prototyp, da die Einteilung für die nächsten drei Variablen dieselbe ist: Das Laseguezeichen dient als Indikator für eine Wurzelirritation. Grundsätzlich lässt sich feststellen, dass ein bereits früh positives Laseguezeichen, eine starke Wurzelirritation anzeigt. Für ein negatives Laseguezeichen konnte aber in diesem Falle (als metrische Variable in °) kein sinnvoller Nullpunkt definiert werden. Deshalb wurde ein bei 90° positives Laseguezeichen als praktischer Nullpunkt (negatives Laseguezeichen) festgesetzt und der Wert wurde wie folgt bestimmt: $90^\circ - X^\circ$ (X= Wert, bei dem das Laseguezeichen positiv wird. Für ein negatives Laseguezeichen hieße das: $90^\circ - 90^\circ = 0$).
59. Laseguezeichen rechts präoperativ.
60. Laseguezeichen links postoperativ.
61. Laseguezeichen rechts postoperativ.
62. Präoperative Reflexanomalien als ordinale Variable: 0= keine Reflexanomalien; 1= abgeschwächte Reflexe; 2= komplett ausgefallene Reflexe.
63. Postoperative Reflexanomalien: Es gilt dieselbe Einteilung wie bei 62.
64. Arbeitsfähigkeit: Diese Kategorie ist recht unscharf definiert und war auch nur dann zu erheben, wenn sich in den Arztbriefen, die bei Kontrolluntersuchungen nach der Operation verfasst wurden, ein expliziter Hinweis auf das Arbeitsleben des Patienten wiederfand. Eingeteilt wurde diese als ordinale Variable mit 0 = Keine Einschränkungen der Arbeitsfähigkeit; 1 = Leichte Einschränkungen, d.h. das Erwerbsleben war zwar beeinträchtigt, aber die Ausübung des ursprünglichen Berufes noch möglich; 2 = Starke Einschränkungen, d.h. eine Umschulung mit Berufswechsel war nötig; 3 = Berufsunfähigkeit.
65. Höhenlokalisierung des Vorfalls als nominale Variable: 0 = TH12/L1; 1 = L1/2; 2 = L2/3; 3 = L3/4; 4 = L4/5; 5 = L5/S1.
66. Lokalisation des Vorfalls als nominale Variable: 0 = median; 1 = medial; 2 = mediolateral; 3 = lateral.
67. Lokalisation des Vorfalls als nominale Variable: 1 = links; 2 = rechts; 3 = bilateral.
68. Lokalisation des Vorfalls als nominale Variable: 0= keine der folgenden Kategorien; 1 = rezessal; 2 = subligamentär; 3 = rezessal + subligamentär.
69. Größe des Vorfalls: Längsdurchmesser in mm als metrisch skalierte Variable.

70. Größe des Vorfalls: Querdurchmesser in mm als metrisch skalierte Variable.
71. Weitere Vorfälle: Da bei vielen Patienten neben dem operationsbedürftigen Hauptbefund noch weitere BSV (oft von geringerem Schweregrad) vorlagen, wurde als eigene Variable mit metrischer Skalierung noch diese Kategorie hinzugefügt mit 0= keine weiteren Vorfälle; 1 = 1 weiterer Vorfall usw.
72. Wurzelaffektion nach Höhe als nominale Variable: 1 = L1; 2 = L2.....5 = L5; 6 = S1.
73. Weitere Wurzelaffektionen: Da häufig mehrere Nervenwurzeln betroffen waren, wurde analog zu 71 auch hier noch eine eigene metrische Variable eingefügt mit 0= keine weitere Wurzelaffektion; 1= 1 weitere Wurzelaffektion usw.
74. Schweregrad des Vorfalls als ordinale Variable: 1 = Protrusion; 2 = Prolaps; 3 = Sequester; 4= freier Sequester.
75. Ausbreitung/Luxation des Vorfalls als nominale Variable: 1 = Luxation nach kranial; 2 = Luxation nach kaudal; 3 = Luxation ins Neuroforamen; 4 = kranial + kaudal; 5 = kranial + Neuroforamen; 6 = kaudal + Neuroforamen; 7 = kranial+ kaudal + Neuroforamen.
76. Osteochondrose: Da für die Korrelationsanalyse sowohl die Frage nach der Anzahl der betroffenen Segmente als auch die dichotome Unterscheidung zwischen Patienten mit und ohne Osteochondrose interessant sind, wurden zwei Variablen eingeführt: Eine metrische mit n = Anzahl der betroffenen Segmente und eine nominale mit 0 = keine Osteochondrose und 1 = Osteochondrose vorhanden.
77. Spinalkanalstenosen als nominale Variable, die die Spinalstenosen nach der Höhenlokalisation sortiert: 0 = keine Stenosen; 1 = L1; 2 = L2 usw.
78. Weitere Spinalstenosen: Hier gilt ähnliches wie bei 73: Zusätzliche Stenosen zur Hauptstenose wurden als metrische Variable hinzugezogen: 0 = keine weiteren Stenosen; 1 = eine weitere Stenose usw.
79. Spondylarthrose als metrische Variable mit n = Anzahl der betroffenen Segmente.
80. Facettengelenksarthrose: Hier gilt die gleiche Methode und die gleiche Einteilung wie bei 76.
81. Hypertrophie des Ligamentum flavum als metrische Variable mit n= Anzahl betroffener Segmente.
82. Spondylolisthesis: Gleiche Methode und Einteilung wie bei 76.
83. Sonstige degenerative Veränderungen: Hierunter wurde als nominale Kategorie ein heterogenes Spektrum von Erkrankungen gefasst, die für sich genommen keine große Bedeutung haben, aber in der Analyse erfasst werden sollten:

- 1 = Spondylosis deformans; 2 = 6-gliedrige LWS; 3 = Entlordosierung der LWS;
4 = Hyperlordose der LWS; 5 = Chronische Polyarthritits.
84. Skoliose der LWS als nominale Variable mit 0/1-Einteilung wie bei 10.
85. Osteoporose als nominale Variable mit 0/1-Einteilung wie bei 10.
86. Nicht-lumbale-BSV als nominale Kategorie: 0= keine BSV außerhalb der LWS;
1= BSV der HWS; 2= BSV der BWS.
87. Rezidivvorfälle als metrische Variable: n = Anzahl der Rezidivvorfälle.
88. Rezessusstenose als nominale Variable mit 0/1-Einteilung wie bei 10.
89. Intra-OP-Befund: Vorhandensein von verkalktem Sequester als nominale Variable mit
0/1-Einteilung wie bei 10.
90. Intra-OP-Befund: Vernarbungen als nominale Variable mit 0/1-Einteilung wie bei 10.
91. Sequesterotomie: 0/1-Einteilung wie bei 10.
- Ab hier werden die Variablen, die die Art der Operation betreffen, kurz vorgestellt. Die
verschiedenen Methoden schließen sich nicht gegenseitig aus, allerdings ist es wichtig
zu untersuchen, wie sich einzelne Schritte einer Operation auf das Ergebnis auswirken.
Die Variablen sind in allen Fällen nominal skaliert.
92. Nukleotomie/Diskektomie: 0 = Keine von beiden; 1 = Nukleotomie; 2 = Diskektomie.
93. ILAF (Intralaminäre Fensterung)/ Laminektomie/Flavektomie: 0 = keine der
Methoden; 1 = ILAF; 2= Laminektomie; 3 = Flavektomie; 4 = ILAF+ Flavektomie;
5 = Laminektomie + Flavektomie.
94. Neurolyse (0/1-Einteilung wie bei 10).
95. Dekompression des Spinalkanals (0/1-Einteilung wie bei 10).
96. Andere Operationen: Unter dieser Kategorie wurden alle anderen Operationsmethoden
subsummiert, die eher selten zur Anwendung kommen, aber in dieser Analyse auch
nicht vernachlässigt werden sollten: 0= keine anderen Methoden; 1= Arthrektomie;
2 = Foraminotomie; 3 = Rezessotomie; 4 = PLIF (posterior lumbar intervertebral
fusion); 5 = TLIF (transforaminal lumbar interbody fusion); 6 = Arthrektomie + TLIF.
97. Reoperationen als metrische Variable: n = Anzahl der Reoperationen.
98. OP-Komplikationen als nominale Variable: Hier wurden verschiedene Probleme
subsummiert, die während, bzw. als Folge einer Bandscheibenoperation in dem hier
untersuchten Patientenkollektiv auftraten: 0 = keine Komplikationen;
1 = Duraverletzung; 2 = Liquorleck; 3 = Wundinfektion; 4 = Intraspinale Blutung

99. Oswestry-Disability-Index. Das Zustandekommen dieser wichtigsten Variablen wurde schon ausführlich erläutert. Der ODI wurde hier als ordinale Variable verwendet.
100. Geschlecht als nominale Variable: 0 = männlich; 1 = weiblich.

2.5 Testverfahren

Nachdem alle relevanten Daten gesammelt worden waren, wurde eine statistische Analyse mit SPSS für Windows durchgeführt. Da die Ergebnisse im nächsten Teil der Arbeit präsentiert werden, liegt hier der Schwerpunkt auf der Beschreibung der statistischen Tests:

2.5.1 Chi-Quadrat-Unabhängigkeitstest

Der Chi-Quadrat-Unabhängigkeitstest wurde in dieser Analyse hauptsächlich verwendet, um Abhängigkeiten zweier nominal skalierten Variablen zu eruieren. Dieses Testverfahren ist dahingehend eine Verallgemeinerung des Vierfelder-Unabhängigkeitstestes (der hier nicht gesondert vorgestellt wird), dass zwei betrachteten Merkmale nicht nur jeweils zwei, sondern k Ausprägungen $A_1 \dots A_k$, bzw. l Ausprägungen B_1 aufweisen. Ausgehend von diesen Voraussetzungen erklärt Weiß (2008): „Dann erhält man bei der Darstellung der Häufigkeiten eine Kontingenztafel mit $k \times l$ Feldern im Innern. Die Nullhypothese besagt, dass kein Zusammenhang zwischen den beiden Merkmalen besteht. Dieser Test funktioniert nach dem folgenden Prinzip: Es werden die beobachteten mit den erwarteten Häufigkeiten verglichen. Trifft die Nullhypothese zu, erwartet man also, dass alle beobachteten Häufigkeiten mit den erwarteten übereinstimmen. In diesem Extremfall wäre $\chi^2 = 0$. Hohe Chi-Quadrat-Werte sprechen gegen die Nullhypothese. Seien N_{jk} die Anzahl der Stichprobenelemente mit der Ausprägungskombination A_j und B_k und N^*_{jk} die unter H_0 erwarteten Häufigkeiten. Dann stellt sich die Prüfgröße folgendermaßen dar:

$$\chi^2 = \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^r \frac{(N_{jk} - N^*_{jk})^2}{N_{jk}}.$$

Sie hat $(k-1) \times (j-1)$ Freiheitsgrade (dies bedeutet, dass man im Innern der Kontingenztafel $(k-1) \times (j-1)$ Häufigkeiten unter Beibehaltung der Randsumme ändern kann). Die erwarteten Häufigkeiten N^*_{jk} berechnet man aus den Randsummen.

Anschließend wird geprüft, ob der Chi-Quadrat-Wert innerhalb des Konfidenzintervalls

$\chi^2_{(1-\alpha; m-1)}$ liegt. Liegt Chi-Quadrat innerhalb dieses Intervalls, wird die Nullhypothese angenommen, ansonsten wird sie verworfen“ (Weiß 2008)

2.5.2 Kruskal-Wallis-Test/Mann-Whitney-U-Test

Der Kruskal-Wallis-Test und der Mann-Whitney-U-Test wurden in der Studie hauptsächlich verwendet, um Zusammenhänge zwischen einer unabhängigen, nominal oder ordinal skalierten Variablen mit einer ordinal skalierten, abhängigen Variablen festzustellen.

Diese Verfahren basieren auf Rangsummen und sind im Prinzip das nichtparametrische Pendant zum T-Test (der später noch erläutert wird). Trampisch/Windeler (2000) erklären den Kruskal-Wallis-Test folgendermaßen: „Die Nullhypothese beinhaltet die identische Verteilung aller Gruppen. Zur Durchführung des Tests werden sämtliche N Beobachtungen

X_{ij} rangiert. Weitergerechnet wird mit den entsprechenden Rängen R_{ij} . $R_i = \frac{1}{N_i} \sum_{j=1}^{M_i} R_{ij}$

bezeichnet den mittleren Rang der i-ten Gruppe.

$R = \frac{N+1}{2}$ ist der Mittelrang sämtlicher Rechnungen. Falls die Nullhypothese gilt, ist die

$$\text{Teststatistik } H = k \times \sum_{i=1}^{N_i} \frac{12 \times (R_i - R)^2}{N \times (N+1)} = 12 \times \sum_{i=1}^{N_i} \frac{k \times R_i^2}{N \times (N+1)} - 3 \times (N+1)$$

annähernd Chi-Quadrat verteilt mit k-1 Freiheitsgraden. Die Chi-Quadrat-Verteilung mit n Freiheitsgraden ist die Verteilung einer Summe von n unabhängigen quadrierten standartnormalverteilten Zufallsvariablen. Die Nullhypothese identischer Verteilungen wird abgelehnt, falls $H > \chi^2_{(k-1; 1-\alpha)}$. Diese Nicht-parametrische einfaktorielle Varianzanalyse ist der Kruskal-Wallis-Test.“(Trampisch 2008)

2.5.3 Mann-Whitney-U-Test

Dieser Test wird ähnlich wie der Kruskal-Wallis-Test verwendet, wenn aber als unabhängige Variable eine nominal skalierte mit nur 2 Ausprägungsmerkmalen vorliegt; Weiß (2008) erklärt ihn folgendermaßen:

„Beim Mann-Whitney-U-Test werden zwei Mediane miteinander verglichen; die Nullhypothese lautet: $H_0: \mu_1 = \mu_2$. Die Stichprobenumfänge seien N_1 und N_2 ; diese müssen nicht identisch sein. Der Test verlangt eine etwa gleiche Verteilung der Zufallsvariablen X und Y. Alle Werte aus beiden Stichproben werden in aufsteigender Reihenfolge sortiert und mit Rangzahlen versehen. Danach addiert man für jede der beiden Stichproben die

entsprechenden Rangzahlen und bezeichnet die Summen als R_1 und R_2 . Daraus berechnet man: $U_1 = n_1 \times n_2 + \frac{n_1 \times (n_1 + 1)}{2} - R_1$; $U_2 = n_1 \times n_2 + \frac{n_2 \times (n_2 + 1)}{2} - R_2$

- Es lässt sich nachweisen, dass gilt: $U_1 + U_2 = N_1 \times N_2$
- Die Testgröße wird berechnet als $U = \min(U_1, U_2)$
- Wenn U kleiner ist als der kritische Wert oder gleich diesem, wird die Nullhypothese abgelehnt. (Weiß 2008)

2.5.4 T-Test für zwei unverbundene Stichproben

Dieser Test wird in der Analyse verwendet, um den Zusammenhang zwischen einer unabhängigen Variablen, deren Grundgesamtheit sich sinnvoll in zwei Gruppen aufteilen lässt (z.B. nominale 0/1-Variablen), und einer abhängigen metrisch skalierten Variablen zu erfassen.

Laut Weiß (2008) sind die Voraussetzungen dieses Tests:

„- Es liegen zwei unverbundene Stichproben der Umfänge n_1 und n_2 vor.

- Die Daten beider Stichproben entstammen normalverteilten Grundgesamtheiten mit derselben Varianz, also $X \sim N(\mu_1, \sigma^2)$ und $Y \sim N(\mu_2, \sigma^2)$.

Die Nullhypothese lautet: $H_0: \mu_1 = \mu_2$. Die Prüfgröße ist:
$$\frac{\bar{x} - \bar{y}}{\sqrt{(s_x^2 + s_y^2) / n}}$$

Da in diese Berechnung zwei unabhängige Mittelwerte einfließen, beträgt die Anzahl der Freiheitsgrade $f = n + m - 2$. Die Nullhypothese wird abgelehnt, falls

$t > t_f; 1 - \frac{\alpha}{2}$. Bei einseitiger Fragestellung ist $+ t_f; 1 - \alpha$ der kritische Wert. Dabei ist s^2 die

mittlere Varianz, die sich aufgrund der Annahme gleicher Varianzen der Grundgesamtheit durch eine gewichtete Mittelung aus den beiden empirischen Varianzen s_x^2 und s_y^2 berechnen

lässt: $s^2 = \frac{(n-1) \times s_x^2 + (m-1) \times s_y^2}{n+m-2}$. (Weiß 2008)

2.5.5 Einfaktorielle ANOVA (Analysis of Variance)

Dieser Test ist als Erweiterung des T-Tests zu verstehen und wird verwendet, wenn die unabhängige Variable aus mehr als zwei Gruppen besteht. Dies wird von Weiß (2008) folgendermaßen erklärt:

„Die Voraussetzungen sind wie beim T-Test unverbundene Stichproben aus normalverteilten Grundgesamtheiten mit gleicher Varianz.

Die Methode beruht auf dem Vergleich der k Mittelwerte X_i ($i=1, \dots, k$) mit der Varianz der Abstände $(X_{ij}-X_i)$ (wobei $k \geq 2$ die Anzahl der Stichproben bezeichnet). Der Quotient dieser Varianzen folgt einer sog. F-Verteilung. Er nimmt den Wert 1 an, falls alle Stichproben aus derselben Grundgesamtheit stammen. Je mehr die Mittelwerte streuen, desto größer wird F und desto eher wird die Alternativhypothese angenommen.“(Weiß 2008)

2.5.6. Korrelationen

2.5.6.1 Korrelationskoeffizient nach Pearson:

Laut Weiß (2008) wird dieser verwendet, um die Stärke eines Zusammenhangs zweier metrisch skaliert Variablen genauer zu erfassen:

„Er stellt ein normiertes Maß zur Quantifizierung eines linearen Zusammenhangs dar. Man erhält diesen Koeffizienten, indem man die Kovarianz S_{xy} durch die beiden

Standardabweichungen S_x und S_y dividiert: $r = \frac{S_{xy}}{S_x \times S_y}$. Der Korrelationskoeffizient kann nur

Werte zwischen -1 und +1 annehmen; er ist dimensionslos. Der Buchstabe r weist darauf hin, dass die Korrelations- und die Regressionsanalyse eng miteinander verbunden sind. Das Vorzeichen von r ist identisch mit dem Vorzeichen der Kovarianz S_{xy} : Ein positives Vorzeichen steht für einen gleichsinnigen, ein negatives Vorzeichen für einen gegensinnigen Zusammenhang.

Der Betrag von r hat folgende Bedeutung: Je näher r bei 0 liegt, desto schwächer ist der Zusammenhang und desto weiter streut die Punktwolke um die Gerade. Je näher der Betrag von r bei 1 liegt, desto stärker ist der Zusammenhang und desto dichter liegen die Punkte (X_i, Y_i) an der Regressionsgeraden.“(Weiß 2008)

(Auf die genaue mathematische Herleitung von r wird hier verzichtet.)

2.5.6.2 Korrelationskoeffizient nach Spearman (erläutert nach Weiß)

„Dieser wird auch als Rangkorrelation bezeichnet, da er auf den Rangzahlen der Beobachtungswerte (X_i, Y_i) basiert und wird verwendet, um die Stärke eines Zusammenhangs zweier ordinal skaliert Variablen genauer zu untersuchen:

Alle X-Werte werden sortiert und mit Rangzahlen versehen. Der kleinste Wert erhält den Rang 1, der größte den Rang n. Falls mehrere Ausprägungen übereinstimmen, ermittelt man mittlere Rangzahlen, indem man die Rangzahlen addiert und die Summe durch deren Anzahl dividiert. Mit den Daten des Y-Merkmals verfährt man ebenso. Jeder Beobachtungseinheit wird also eine Rangzahl für das X- und für das Y-Merkmal zugeordnet. Die Differenz dieser Rangzahlen sei d_i . (...) Die Rohdaten werden in Ränge konvertiert und die Differenz d_i zwischen den Rängen beider Variablen werden für jede Beobachtung berechnet. (...)

$$r_s = 1 - \frac{6 \times \sum d_i^2}{n \times (n^2 - 1)} \quad \text{mit } d_i = \text{rg}(x_i) - \text{rg}(y_i)$$

Für die Stärke des Zusammenhangs und die Gleichsinnigkeit/Gegensinnigkeit gilt das Gleiche wie beim Korrelationskoeffizienten nach Pearson.“(Weiß 2008)

2.5.6.3 Partielle Korrelation und Bootstrapping

Um den Einfluss intervenierender Variablen bestimmen und aus der Rechnung isolieren zu können, wurde die partielle Korrelation angewandt. Diese eignet sich am besten für metrisch skalierte Variablen, ist aber prinzipiell auch für ordinal skalierte anwendbar.

Dafür wurde in dieser statistischen Analyse für die entsprechenden Variablen zunächst einmal ein Bootstrapping durchgeführt: Bootstrapping ist ein Verfahren, mit dem die Verteilung einer Stichprobe eruiert wird, deren empirische Ermittlung zuvor nicht möglich oder zu aufwendig gewesen wäre. Dabei werden Stichproben generiert, indem aus der gegebenen Stichprobe n Stichproben (in dieser Analyse wurde der Wert $n = 5000$ gewählt) mit Zurücklegen gezogen werden. Somit kann dann die Verteilung t approximativ ermittelt und somit geprüft werden, ob die gegebenen Variablen normalverteilt sind.

Anschließend wird die partielle Korrelation durchgeführt. Das bedeutet, dass die Variablen, die auf eine Korrelation hin untersucht werden sollen, nach intervenierenden Variablen stratifiziert werden. Deren Einfluss verschwindet somit in der Analyse und es kann ermittelt werden, inwiefern zwei Variablen direkt, das heißt ohne weitere Einflussgrößen voneinander abhängig sind.

2.5.7 Regressionsanalyse

Diese wurde in der Analyse nur selten verwendet, um Zusammenhänge zweier metrisch skalierten Variablen aufzuzeigen, bzw. zu veranschaulichen. Laut Weiß kann sie folgendermaßen dargestellt werden:

„Die einfachste Form der Regressionsanalyse ist die Beschreibung des Zusammenhangs durch eine Gerade: Diese soll die Punktwolke optimal repräsentieren. Sie ist so konstruiert, dass das durchschnittliche Abstandsquadrat der Beobachtungspunkte von der Geraden minimal ist. Sie ist eindeutig bestimmt durch die Steigung $b = \frac{s_{xy}}{s_x^2}$ und den Y-Achsenabschnitt $a = \bar{y} - b\bar{x}$.

Dabei ist s_{xy} die Kovarianz und s_x^2 die Varianz der X-Werte. Der Parameter b wird als Regressionskoeffizient bezeichnet.

Das Vorzeichen von b stimmt dabei mit dem Vorzeichen des Korrelationskoeffizienten r überein. Daher gilt hier bezüglich der Stärke des Zusammenhangs das Gleiche wie für den oben schon beschriebenen Korrelationskoeffizienten.

Mit den Parametern a und b lässt sich bei Vorliegen eines Wertes X_i nach folgender Formel ein Wert Y_i für das abhängige Merkmal prognostizieren:

$$Y_i = a + bX_i = \bar{Y} + \frac{s_{xy}}{(s_x)^2} (x_i - \bar{x}) \quad \text{“ (Weiß 2008) ”}$$

Auf die genaue mathematische Herleitung der Regressionsgeraden wird hier verzichtet.

3 Ergebnisse

Im folgenden Teil dieser Arbeit werden die Ergebnisse der statistischen Auswertung der Daten mit SPSS dargelegt. Um eine übersichtliche Struktur der Präsentation zu erreichen, wurde folgende Gliederung vorgenommen: Die Untersuchung von als wichtig erachteten Korrelationen geht immer von bestimmten Variablen aus, deren Einfluss auf andere im Vorfeld als wichtig erachtet wurde. Das Vorhandensein dieser potentiellen Abhängigkeiten wurde dann systematisch für alle in Frage kommenden Variablen untersucht.

Bevor die Ergebnisse der untersuchten Zusammenhänge präsentiert werden, wird eine rein deskriptive Häufigkeitstabelle für den langfristigen ODI im untersuchten Patientenkollektiv präsentiert:

Tabelle 1: Häufigkeitsverteilung langfristiger ODI:

ODI (%)	Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
0-20%	149	47,6	47,6	47,6
20-40%	99	31,6	31,6	79,2
40-60%	41	13,1	13,1	92,3
60-80%	22	7,0	7,0	99,4
80-100%	2	0,6	0,6	100,0
Gesamt	313	100,0	100,0	

Im Folgenden wird, wie oben bereits erwähnt, auf die Zusammenhänge der Variablen untereinander eingegangen.

3.1 Einfluss der Lokalisation des Bandscheibenvorfalls auf klinische Symptome prä- und postoperativ

Mit der folgenden Tabelle werden Einflüsse der Lokalisation veranschaulicht. Dabei werden einerseits Zusammenhänge zwischen der Höhe des BSV und klinischen Symptomen und andererseits Zusammenhänge zwischen der horizontalen Lokalisation und der Klinik der Patienten dargestellt.

Tabelle 2: Einfluss der Lokalisation des Bandscheibenvorfalles auf prä- und postoperative klinische Symptome

Beeinflusste Variable	Anzahl Probanden (n)	Vertikale Lokalisation des BSV						Statistische Signifikanz (p-Wert)
		TH12/L1	L1/L2	L2/L3	L3/L4	L4/L5	L5/S1	
2.1 Postoperative Schmerzen	276							0,025
Vollst. Remission	108	3	5	4	13	50	43	
Unvollst. Remission	155	0	0	9	21	75	50	
Unverändert	11	0	0	0	2	7	2	
Verstärkung postoperativ	2	0	0	0	2	0	0	
2.2 Präoperative Harninkontinenz	306							0,007
Keine Harninkontinenz	285	1	1	11	37	137	98	
Unvollst. Harninkontinenz	7	0	0	0	0	6	1	
Vollst. Harninkontinenz	14	0	0	0	2	9	3	
2.3 Präoperative Stuhlinkontinenz	296							0,008
Keine Stuhlinkontinenz	286	1	4	12	33	141	95	
Unvollständige Stuhlinkontinenz	4	1	0	0	1	1	1	
Vollständige Stuhlinkontinenz	6	0	0	0	0	5	1	

Beeinflusste Variable	Anzahl Probanden (n)	Horizontale Lokalisation des BSV				Statistische Signifikanz (p- Wert)
		Median	Medial	Medio-lateral	Lateral	
2.4 Postoperative Hypästhesie	139					0,034
vollst. Regression	82	9	5	51	17	
unvollst. Regression	27	0	2	16	9	
keine Remission	30	0	2	26	2	
2.5 Nervenirritationen postoperativ	155					0,006
Wurzelreizsyndrom	132	8	9	86	29	
FBSS	17	0	1	15	1	
Postdiskektomie-syndrom	5	2	2	1	0	
Wurzeltod	1	0	0	1	0	

Tabelle 2: Einfluss der Lokalisation des Bandscheibenvorfalls auf prä- und postoperative klinische Symptome

Beeinflusste Variable	Anzahl Probanden (n)	Horizontale Lokalisation des BSV				Statistische Signifikanz (p- Wert)
		Median	Links	Rechts	Bilateral	
2.6 Claudicatio spinalis präoperativ	261					0,002
keine C. s.	231	0	124	99	8	
leichte C.s.	3	0	1	1	1	
schwere C.s.	27	1	12	10	4	

Legende: In der Spalte "Anzahl Probanden" wird zuerst in fett die Gesamtzahl der Probanden des jeweiligen Tests angezeigt. Darunter fallen alle Patienten, bei denen Daten zur jeweiligen Kategorie erhoben werden konnten, also auch diejenigen, die den untersuchten Befund nicht aufzuweisen hatten. In den darunter liegenden Zeilen findet sich die Aufteilung auf die Ausprägungsmerkmale der jeweiligen Variable. Die aussagekräftigen Werte sind farblich hervorgehoben.

Wie die Tabelle zeigt, hat die Höhe des Bandscheibenvorfalls einen Einfluss auf den unmittelbar postoperativen Schmerzzustand der Patienten; die Stärke der Schmerzen wurde am ersten postoperativen Tag bei 276 Patienten eruiert: Mit $p = 0,025$ im Vergleich der 6 Gruppen ist der Zusammenhang auf dem 95 % Niveau ($p < 0.05$) statistisch signifikant. Eine genaue und eindeutige Aussage lässt das Testergebnis in diesem Fall allerdings nicht zu, da der Test nur Abweichungen vom Erwartungswert prüft und in diesem Fall keine klaren Tendenzen aufzeigt.

Als eindeutig höhenassoziiert zeigt sich hingegen das Auftreten von präoperativer Harn- und Stuhlinkontinenz. Hier zeigt sich trotz relativ geringer Patientenzahlen ($n = 7$) mit inkompletter Harninkontinenz und kompletter Harninkontinenz ($n = 14$) in einem untersuchten Kollektiv von insgesamt 306 Patienten ein hochsignifikanter Zusammenhang ($p = 0,007$). Wie aus der Tabelle zu entnehmen ist, finden sich fast alle Fälle von Harninkontinenz bei BSV der Höhe L 4/5.

Ähnlich ist die Situation bei der präoperativen Stuhlinkontinenz: Bei einem p-Wert $< 0,01$ ist auch hier der Zusammenhang mit der Höhe des Vorfalls hochsignifikant: In der Gesamtheit der 296 untersuchten Patienten treten 5 von 6 Fälle kompletter Stuhlinkontinenz in Höhe L4/5 auf, während sich die 4 Patienten mit inkompletter Stuhlinkontinenz auf die Höhen T12/L1, L3/4, L4/5 und L5/S1 verteilen.

Als ebenfalls höhenspezifisch stellte sich das Auftreten von Hüftbeuger/Psoaspareesen heraus. Als Parameter diente hierbei der Kraftgrad (siehe vorheriges Kapitel). Mit $p < 0,001$ zeigt sich ein hochsignifikanter Zusammenhang zwischen der Höhe des BSV und dem Auftreten präoperativer Psoas- und Hüftbeugerpareesen. Da der Kraftgrad im umgekehrten Verhältnis zum Ausmaß der Parese steht, zeigt eine hohe Anzahl von Patienten mit niedrigem Kraftgrad in einer bestimmten Höhe eine Assoziation zu Pareesen an. Die Fälle, bei denen eine manifeste Parese auszumachen war (Kraftgrad < 5), konzentrieren sich auf die Höhen L2/3 und L3/4.

Ein mit genau denselben Höhen assoziierter Zusammenhang ließ sich auch für den postoperativen Kraftgrad des M.Psoas/Hüftbeuger ausmachen ($n = 301$; $p < 0,001$).

Eine Assoziation zu den Höhen L3/4 und L4/5 fand sich außerdem sowohl bei der präoperativen ($n = 299$; $p < 0,001$) als auch bei der postoperativen Quadrizepsparese ($n = 296$; $p < 0,001$).

Auf die tabellarische oder graphische Darstellung der Zusammenhänge mit den Pareesen kann an dieser Stelle jedoch verzichtet werden.

Als nächstes wurde untersucht, ob eine eher mediale oder laterale Lokalisation der BSV die Entstehung bestimmter Symptommatiken begünstigt. Ein signifikantes Testergebnis ($p = 0,034$) zeigte sich hierbei bei der postoperativ persistierenden Hypästhesie, nicht aber zur präoperativen Situation. Hier gilt jedoch dasselbe, wie für die postoperativen Schmerzen: Eindeutige Tendenzen lassen sich aus dem Testergebnis nicht ableiten.

Das Auftreten von postoperativem Wurzelreizsyndrom (Wurzelreizsyndrom; FBSS; Postdiskektomiesyndrom; Wurzeltod) zeigte ebenfalls ein hochsignifikantes Testergebnis für den Zusammenhang mit der horizontalen Lokalisation ($p = 0,006$). Allerdings kann auch hier keine klare Aussage getroffen werden: Ein gehäuftes Vorkommen von FBSS bei mediolateralen BSV kann nur postuliert, aber nicht klar nachgewiesen werden.

Bei den motorischen Ausfällen zeigte sich ebenfalls eine Häufung bei mediolateralen und lateralen BSV. Ein statistisch hochsignifikanter Zusammenhang ($p = 0,006$) fand sich hierbei mit präoperativen (damit ist die letzte Anamneseerhebung vor der Operation gemeint) Fußheberpareesen, ein statistisch signifikanter Zusammenhang mit postoperativen (damit ist die letzte Untersuchung vor dem Ausfüllen des Fragebogens gemeint) Fußheberpareesen ($p = 0,011$), präoperativen Fußsenkerpareesen ($p = 0,03$), sowie präoperativen Zehenheberpareesen ($p = 0,041$).

Die genannten Paresen traten also gehäuft bei mediolateraler und lateraler Lokalisation auf. Auf die tabellarische Darstellung wird auch hier verzichtet. Ein signifikanter Zusammenhang zu postoperativen Fußsenkerparesen und Zehenheberparesen oder anderen Paresen ließ sich nicht eruieren.

Als letztes wurde, die Lokalisation betreffend, untersucht, inwiefern sich Differenzen im Seitenvergleich ergaben: Es fand sich ein hochsignifikanter Zusammenhang ($p = 0,002$) zu präoperativ bestehender Claudicatio spinalis. Eine schwerwiegende Claudicatio spinalis trat, wie der Tabelle zu entnehmen ist, überproportional häufig bei bilateralen BSV auf. Auch dieses Ergebnis ist allerdings auf Grund der geringen Zahl von Patienten mit bilateralen Vorfällen ($n = 13$) zweifelhaft.

3.2 Einfluss der Anamnesedauer auf die Symptomatik

Im folgenden Teil wird global untersucht, welchen Einfluss die Anamnesedauer auf klinische Symptome hat. Die Anamnesedauer wurde in 4 Gruppen eingeteilt: < 7 Tage; 7 Tage bis 1 Monat; 1 Monat bis 1 Jahr; > 1 Jahr. Die hauptsächlich mit dem Kruskal-Wallis-Rangsummentest erfassten Zusammenhänge werden im Folgenden tabellarisch dargestellt.

Tabelle 3: Einfluss der Anamnesedauer auf die klinische Symptomatik (Rangsummentest nach Kruskal-Wallis)				
Beeinflusste Variable	Anzahl Probanden	Mittlerer Rang Anamnesedauer	Statistische Signifikanz (p-Wert)	Korrelationskoeffizient
3.1 Präoperative Hypästhesie	290		0,02	-
keine Hypästhesie	98	159,87		
Hypästhesie	192	138,17		
3.2 Präoperative Claudicatio spinalis	282			0,218
Keine Claudicatio spinalis	243	134,93	0,001	
Leichte Claudicatio spinalis	3	181,83		
Schwere Claudicatio spinalis	36	182,51		

Einfluss der Anamnesedauer auf die klinische Symptomatik (Chi-Quadrat-Test)							
Beeinflusste Variable	Anzahl Probanden	<7 Tage	7 Tage-1 Monat	1 Monat-1 Jahr	>1 Jahr	Statistische Signifikanz (p-Wert)	Korrelationskoeffizient
3.3 Postoperative Claudicatio spinalis	286					0,037	0,174
Vollst. Remission	264	19	58	130	57		
Unvollst. Remission	20	1	0	9	10		
keine Remission	2	0	1	0	1		

***Legende:** In der Spalte "Anzahl Probanden" wird zuerst in fett die Gesamtzahl der Probanden des jeweiligen Tests angezeigt. Darunter fallen alle Patienten, bei denen Daten zur jeweiligen Kategorie erhoben werden konnten, also auch diejenigen, die den untersuchten Befund nicht aufzuweisen hatten. Im oberen Teil der Tabelle (Kruskal-Wallis-Test) werden die beeinflussten Variablen in ihre jeweiligen Ausprägungsmerkmale eingeteilt. Für diese wurde der jeweilige mittlere Rang der Anamnesedauer ermittelt (3.Spalte). Die Bestimmung des Korrelationskoeffizienten ist bei nur 2 Ausprägungsmerkmalen und ausschließlich qualitativen Variablen nicht sinnvoll. Die aussagekräftigen Werte sind farblich hervorgehoben.*

Statistisch signifikant ($p = 0,02$) ist ein inverser Zusammenhang mit präoperativ bestehenden Hypästhesien; das bedeutet, je länger die präoperative Anamnesedauer war, desto weniger Hypästhesien traten auf.

Ein hochsignifikanter Zusammenhang besteht zum präoperativen Auftreten einer Claudicatio spinalis, wie der Rangsummentest und die Korrelation nach Spearman zeigen.

Ein ähnliches Ergebnis ergibt der Abgleich mit dem postoperativen Auftreten einer Claudicatio spinalis, die hier mit einer Kreuztabelle und dem Chi-Quadrat-Test erfasst wird: $\chi^2 = 13,4$; $p = 0,037$. Damit ist der Zusammenhang signifikant, der Korrelationskoeffizient nach Spearman liegt bei 0,174.

Das bedeutet, je länger die Anamnesedauer war, desto häufiger trat sowohl präoperativ als auch postoperativ eine Claudicatio spinalis auf.

Ein gefundener inverser Zusammenhang zwischen der Anamnesedauer und zahlreichen motorischen Ausfallsymptomen zeigte, dass eine kurze Anamnesedauer mit motorischen Ausfallsymptomen koinzidiert. Auf deren graphischen Darstellung wird hier jedoch verzichtet.

Die postoperative Einschränkung des monopedalen Hüpfens zeigt mit $p = 0,041$ einen signifikanten inversen Zusammenhang zur Anamnesedauer. Das heißt, je länger die Anamnesedauer war, desto seltener zeigten sich Einschränkungen des Monopedalen Hüpfens. Der Korrelationskoeffizient nach Spearman liegt bei $-0,207$.

Der präoperative Immobilisationsgrad (eingeteilt in 4 Schweregrade) zeigte im Kruskal-Wallis-Rangsummentest einen hochsignifikanten inversen Zusammenhang zur Anamnesedauer (Chi-Quadrat = 17,1; $p = 0,001$; Korrelationskoeffizient nach Spearman $r = -0,192$). Eine längere Anamnesedauer geht also häufiger mit starker präoperativer Immobilisation einher.

Ein inverser Zusammenhang zu präoperativ auftretenden Fußheberparesen stellt sich als positiver, hochsignifikanter Zusammenhang zwischen der Anamnesedauer und dem in sechs Stufen eingeteilten Kraftgrad des Fußhebers im Kruskal-Wallis-Test dar: $p = 0,005$; $r = 0,199$.

In selber Weise verhält sich die Anamnesedauer zur präoperativ auftretenden Quadrizepsparese (ebenfalls eingeteilt in sechs Kraftgrade): $p = 0,001$; $R = 0,209$ sowie zur postoperativ auftretenden Quadrizepsparese: $p = 0,003$; $R = 0,186$. In beiden Fällen ist der inverse Zusammenhang zwischen den Paresen und der Anamnesedauer hochsignifikant.

Höhergradige Paresen gingen also mit einer kürzeren Anamnesedauer einher.

3.3 Einflussfaktoren auf den langfristigen Oswestry-Disability-Index

Im kommenden Abschnitt wird dargelegt, welche Variablen das postoperative Outcome beeinflussen, für das hier der postoperative ODI als Indikator dient. Dieser wurde zu völlig unterschiedlichen Zeitspannen nach der Operation erhoben, da alle Fragebögen zum gleichen Zeitpunkt abgeschickt wurden, das Patientenkollektiv aber aus 7 Operationsjahrgängen besteht. Getestet wurden alle zuvor erhobenen Variablen.

Tabelle 4: Einflussfaktoren auf den langfristigen ODI (Rangsummentests)				
Variable	Anzahl Probanden	Mittlerer Rang ODI	Statistische Signifikanz (p-Wert)	Korrelationskoeffizient
4.1 Anamnesedauer	295		< 0,001	0,226
< 7 Tage	21	105,43		
7 Tage- 1 Monat	59	143,64		
1 Monat- 1 Jahr	146	137,25		
> 1 Jahr	69	187,43		
4. 2 Schmerzen 6-8 Wochen postoperativ	188		0,004	0,23
vollst. Remission	79	80,87		
unvollst. Remission	98	101,78		
keine Remission	11	127,59		
4.3 Präoperative Claudicatio spinalis	297		<0,001	0,238
Keine Claudicatio spinalis	254	140,67		
Leichte Claudicatio spinalis	3	166,83		
Schwere Claudicatio spinalis	40	200,57		
4.4 Postoperative Claudicatio spinalis	302		< 0,001	0,272
Vollst. Remission	279	144,71		
Partielle Remission	21	230,98		
Keine Remission	2	264,75		
4.5 Präoperatives Schonhinken	221		0,001	0,254
Kein Schonhinken	111	94,55		
Leichtes Schonhinken	7	130,43		
Schweres Schonhinken	103	127,4		
4.6 Postoperatives Schonhinken	232		<0,001	0,277
Vollst. Remission	194	108,36		
Unvollst. Remission	32	155,69		
Keine Remission	6	170,67		
4.7 Postoperative Stand- und Gangunsicherheit	197		0,003	0,242
Vollst. Remission	165	92,93		
Unvollst. Remission	25	130,14		
Keine Remission	7	130,79		

Tabelle 4: Einflussfaktoren auf den langfristigen ODI (Rangsummentests)				
Variable	Anzahl Probanden	Mittlerer Rang ODI	Statistische Signifikanz (p-Wert)	Korrelationskoeffizient
4.8 Präoperative Immobilisation	302		0,007	0,184
Leichte Immobilisation	124	138,48		
Deutliche Immobilisation	124	167,21		
Fast vollständige Immobilisation	15	190,2		
Vollständige Immobilisation	1	19		
4.9 Präoperative Harninkontinenz	309		0,066	-
Keine Harninkontinenz	288	152,12		
Unvollständige Harninkontinenz	7	166,5		
Vollständige Harninkontinenz	14	208,43		
4.10 Präoperative Stuhlinkontinenz	310		0,243	-
Keine Stuhlinkontinenz	300	154,04		
Unvollständige Stuhlinkontinenz	4	178,5		
Vollständige Stuhlinkontinenz	6	213,08		
4.11 Postoperative Harninkontinenz	308		0,053	-
Keine Harninkontinenz	302	152,77		
Unvollst. Harninkontinenz	3	246,33		
Vollst. Harninkontinenz	3	236,5		
4.12 Postoperative Stuhlinkontinenz	309		0,057	-
Keine Stuhlinkontinenz	306	154,04		
Stuhlinkontinenz vorhanden	3	252,5		

Tabelle 4: Einflussfaktoren auf den langfristigen ODI (Rangsummentests)				
Variable	Anzahl Probanden	Mittlerer Rang ODI	Statistische Signifikanz (p-Wert)	Korrelationskoeffizient
4.13 Postoperatives Lumbovertebralsyndrom	275		0,012	0,179
Vollst. Remission	230	131,72		
Unvollst. Remission	40	169,29		
Keine Remission	5	176,6		
4.14 Schweregrad des BSV	306		0,002	-0,176
Protrusion	18	219,72		
Prolaps	41	163,67		
Sequester	120	155,52		
Freier Sequester	127	139,17		
4.15 Spinalkanalstenosen	227		<0,001	-
Stenose vorhanden	129	98,47		
keine Stenose	98	134,44		
4.16 Spondylolisthesis	219		< 0,001	-
Keine Spondylolisthesis	173	100,24		
Spondylolisthesis Vorhanden	46	176,7		
4.17 Vernarbung	164		0,001	-
Vorhanden	26	77,2		
Nicht vorhanden	138	110,63		
4.18 Besondere OPs	226		-	-
Keine	197	109,4		
Arthrektomie	7	152,5		
Foraminotomie	6	102,75		
Rezessotomie	5	87,4		
PLIF	7	179,79		
TLIF	2	187,25		
PLIF+TLIF	2	172,5		
4.19 OP- Komplikationen	307		-	-
Keine	289	152,62		
Duraverletzung	7	199,29		
Liquorleck	4	127		
Wundinfektion	5	276,2		
Intraspinale Blutung	2	177,5		

Tabelle 4: Einflussfaktoren auf den langfristigen ODI (Rangsummentests)				
Variable	Anzahl Probanden	Mittlerer Rang ODI	Statistische Signifikanz (p-Wert)	Korrelationskoeffizient
4.20 Geschlecht	307		0,08	-
Männlich	160	145,52		
Weiblich	147	162,23		

Tabelle 4: Einflussfaktoren auf den langfristigen ODI: T-Tests (Mittelwertvergleiche)				
Variable	Mittelwert Betr. Variable	Trennwert ODI	Statistische Signifikanz (p-Wert)	Korrelationskoeffizient
4.21 Spondylolisthesis (N betroffene Segmente)		20		
ODI > 20	0,45		0,001	0,295
ODI < 20	0,13			
4.22 Rezidive		20	0,011	0,201
ODI > 20	0,37			
ODI < 20	0,21			
4.23 Re-Operationen		20	0,001	0,273
ODI >20	0,52			
ODI <20	0,24			
4.24 Alter		20	0,067	0,15
ODI >20	59,27			
ODI <20	56,4			

Legende: In der Spalte "Anzahl Probanden" wird zuerst in fett die Gesamtzahl der Probanden des jeweiligen Tests angezeigt. Darunter fallen alle Patienten, bei denen Daten zur jeweiligen Kategorie erhoben werden konnten, **also auch diejenigen, die den untersuchten Befund nicht aufzuweisen hatten.** Bei den Rangsummentests (oberer Tabellenteil) wurden die den ODI beeinflussenden Variablen in ihre jeweiligen Ausprägungsmerkmale eingeteilt und deren mittlerer Rang in Bezug auf den ODI bestimmt (3.Spalte). Bei den T-Tests (unterer Tabellenteil) wird in der 2. Spalte jeweils der Mittelwert der jeweiligen Variable bestimmt: Einmal für oberhalb des Trennwerts und einmal für unterhalb des Trennwerts liegende Probanden. Die Bestimmung des Korrelationskoeffizienten liefert bei nur 2 Ausprägungsmerkmalen und ausschließlich qualitativen Variablen kein sinnvolles Ergebnis. Die aussagekräftigen Werte sind farblich hervorgehoben.

Ein starker und statistisch hochsignifikanter Zusammenhang ($p < 0,001$) zeigt sich zwischen der präoperativen Anamnesedauer und dem ODI im Kruskal-Wallis-Test. Der Korrelationskoeffizient nach Spearman beträgt 0,226. Eine lange Anamnesedauer ging also mit einem erheblich höheren Langzeit-ODI einher.

Ein statistisch signifikanter Zusammenhang ließ sich zwar nicht mit unmittelbar postoperativ, aber mit den nach 6-8 Wochen eruierten Schmerzen erkennen (diese wurden hier relativ gefasst, das heißt, es wurde nicht das quantifizierte Ausmaß der Schmerzen gemessen, sondern das Ausmaß ihrer Rückbildung im Vergleich zum präoperativen Zustand).

Mit $p = 0,004$ und $R = 0,23$ ist der Zusammenhang als hochsignifikant zu werten. Das heißt, je schlechter sich die Schmerzen nach der Operation zurückbildeten, desto schlechter war das Langzeitergebnis.

Statistisch hochsignifikant ist der Zusammenhang sowohl mit präoperativ als auch mit postoperativ auftretender Claudicatio spinalis. Für die präoperative Claudicatio spinalis liegt der p-Wert bei $< 0,001$ und der Korrelationskoeffizient bei $r = 0,238$.

Für die postoperativ auftretende Claudicatio spinalis ergab sich $p < 0,001$ und $R = 0,272$. Die postoperative Claudicatio spinalis wurde, wie auch die Schmerzen in Relation zu dem präoperativen Zustand gefasst. Der Rangsummentest zeigt also, dass sowohl eine präoperativ als auch postoperativ auftretende Claudicatio spinalis mit einem erheblich höheren ODI einhergeht.

Für das präoperative Schonhinken liegt mit einem p-Wert von 0,001 und einem Korrelationskoeffizient von $r = 0,254$ ein hochsignifikanter und starker Zusammenhang vor: Zwar liegt, wie die Tabelle zeigt, im Rangsummenvergleich die Patientengruppe mit leichtem Schonhinken etwas vor der Patientengruppe mit starkem Schonhinken. Da Erstere mit $n = 7$ eine vergleichsweise geringe Anzahl hat, kann der Zusammenhang trotzdem durchaus als schlüssig betrachtet werden.

Mit $p < 0,001$ und $r = 0,277$ liegt für das postoperative Schonhinken ein noch deutlicherer Zusammenhang vor: Je stärker also präoperativ und postoperativ das Schonhinken war, desto schlechter das Langzeitergebnis.

Während sich für die präoperative Stand- und Gangunsicherheit kein signifikanter Zusammenhang feststellen ließ ($p = 0,071$), zeigte sich für die postoperative Stand- und Gangunsicherheit ein hochsignifikanter Zusammenhang mit dem Outcome der Patienten: $p = 0,003$; $r = 0,242$. Je schlechter sich die Stand- und Gangunsicherheit zurückbildete, desto höher war der postoperative ODI.

Der präoperative Immobilisationsgrad zeigt im Rangsummentest einen hochsignifikanten Zusammenhang mit dem ODI ($p = 0,007$; $r = 0,184$). Insgesamt lässt sich trotz der abweichenden Gruppe 4 (vollständige Immobilisation) feststellen, dass mit zunehmender Immobilisation der postoperative ODI zunahm.

Ausgeführt werden soll an dieser Stelle noch das Testergebnis für die Inkontinenz: Die 4 Kategorien sind hierbei präoperative Harninkontinenz, präoperative Stuhlinkontinenz, postoperative Harninkontinenz und postoperative Stuhlinkontinenz. Die Einteilung ist für alle Variablen gleich. Für die präoperative Harninkontinenz liegt der p-Wert bei 0,066 und ist damit knapp als statistisch nicht signifikant zu werten.

Noch weniger in der Nähe eines signifikanten Ergebnisses zu sehen ist die präoperative Stuhlinkontinenz mit $p = 0,243$.

Für die postoperative Harninkontinenz ergab sich $p = 0,053$ und für die postoperative Stuhlinkontinenz: $p = 0,057$.

Insgesamt lässt sich also festhalten, dass zwar kein formal signifikantes Ergebnis zu eruieren war, ein negativer Einfluss der Inkontinenzsymptomatik auf das Langzeitergebnis (v.a. bei den postoperativen Befunden) sich aber andeutungsweise vermuten lässt.

Ein signifikanter Zusammenhang ließ sich für das postoperativ bestehende Lumbovertebralsyndrom feststellen, wie der Rangsummentest zeigt: $p = 0,012$; $r = 0,179$. Wenn ein Lumbovertebralsyndrom vorhanden war, dann war das Outcome deutlich schlechter.

Ein Zusammenhang zwischen dem langfristigen ODI und dem Auftreten von Paresen fand sich nur für die postoperative Quadrizepsparese: Mit $p = 0,049$ und $r = -0,056$ zeigte sich nur eine schwache, inverse Korrelation zu dem in 6 Grade eingeteilten Kraftgrad des Musculus quadrizeps. Das heißt, je niedriger der mittlere Kraftgrad (also je stärker die Parese) war, desto schlechter das Langzeitergebnis.

Auch für das Laseguezeichen ließ sich nur ein Zusammenhang mit den präoperativen Befunden eruieren, der hier mit der ANOVA ermittelt wurde: Der Korrelationskoeffizient beträgt $r = 0,125$ für die linke Seite und $0,94$ für die rechte Seite. Postoperativ ließ sich kein signifikantes Ergebnis feststellen: Links: $p = 0,075$; Rechts: $p = 0,723$.

Ein präoperativ früh positives Laseguezeichen korreliert also mit einem schlechten Langzeitergebnis.

Das wichtigste und auffälligste Ergebnis der Analyse ist zweifellos ein starker, inverser Zusammenhang zwischen dem Schweregrad des BSV und dem ODI mit $p = 0,002$ und $R = - 0,176$.

Je schwerer der BSV, desto günstiger war also das Langzeitergebnis.

Ein hochsignifikanter Zusammenhang ($p < 0,001$) fand sich noch mit dem Vorhandensein von Spinalkanalstenosen, der hier als nominale Variable mit dem Mann-Whitney-Test erfasst wurde. Patienten mit Spinalkanalstenosen hatten ein wesentlich schlechteres Outcome. Patienten, die unter Spondylolisthesis litten, hatten ebenfalls ein wesentlich schlechteres Outcome, wie die Tests zeigen:

Bei diesem T-Test wurde die Anzahl der betroffenen Segmente getestet, als Trennwert wurde ein ODI von 20 angenommen. Mit $p = 0,001$ (bei Annahme von Varianzgleichheit) und $R = 0,295$ ist das Ergebnis als hochsignifikant anzusehen.

Das nominale Vorhandensein der Spondylolisthesis wurde mit einem Mann-Whitney-Test erfasst und erbrachte mit $p < 0,001$ ebenfalls einen hochsignifikanten Zusammenhang.

Ein mit $p = 0,011$ und $R = 0,201$ signifikant schlechteres Outcome ist bei den Patienten mit Rezidivvorfällen zu verzeichnen. Der Zusammenhang wurde hier ebenfalls mit dem T-Test erfasst.

Hochsignifikant schlechter war das Outcome von Patienten, bei denen intraoperativ eine Vernarbung festgestellt wurde. Diese wurde als nominale Kategorie erfasst. Der p-Wert beträgt 0,001.

Die folgenden Ergebnisse geben den Einfluss verschiedener Operationsverfahren auf das Outcome der Patienten wieder. Dies wurde in allen Fällen mit dem Mann-Whitney-Test erfasst, weil alle Variablen für die Operationsverfahren nominal skaliert waren und nur zwei Ausprägungen (0 = Operationsmethode nicht angewandt und 1 = Operationsmethode angewandt) besitzen.

Patienten, bei denen eine Sequesterotomie vorgenommen wurde, verzeichneten insgesamt ein besseres Outcome: Im Mann-Whitney-Rangsummentest zeigte sich ein hochsignifikanter inverser Zusammenhang mit dem ODI bei einem p-Wert $< 0,001$.

Bei Patienten, die einer Dekompression des Spinalkanals unterzogen wurden, präsentiert sich das Ergebnis umgekehrt: Mit $p < 0,001$ war ein positiver, hochsignifikanter Zusammenhang zum ODI auszumachen, deren Outcome war also deutlich schlechter.

Um die Auswirkungen eher seltener angewandter Operationsverfahren darzustellen, wird hier ein Kruskal-Wallis-Test präsentiert, mit dem diese erfasst wurden. Da eine ordinale Skalierung der verschiedenen Verfahren nicht vorliegt, ist eine genaue Aussage über Korrelation einzelner Verfahren mit dem Outcome nicht sinnvoll. Es genügt hier die Feststellung, dass Patienten mit einer Rezessotomie ein überdurchschnittlich gutes Outcome aufwiesen, während Patienten mit Arthrektomie, PLIF, TLIF und einer Kombination aus beidem eher ein unterdurchschnittliches Langzeitergebnis aufwiesen.

Deutlich schlechter war das Langzeitergebnis bei Patienten, die einer hohen Anzahl von Rezidivoperationen unterzogen wurden. Dieser Zusammenhang wurde mit dem T-Test erfasst, als Trennwert für den ODI wurde hier, wie vorhin auch, 20 gewählt.

Mit $p = 0,001$ und $R = 0,273$ ist der Zusammenhang als hochsignifikant und relativ stark anzusehen.

Als nächstes wurde der Einfluss von OP-Komplikationen auf das Outcome der Patienten untersucht. Da Komplikationen insgesamt eher selten waren und daher nicht als einzelne Variablen erfasst wurden, wie dem Kruskal-Wallis-Test zu entnehmen ist, ergab sich hier das gleiche Problem wie bei der Analyse der seltenen Operationsverfahren. Auch hier ließen sich nur abschätzende Aussagen treffen: Vor allem für Patienten mit Wundinfektionen und Duraverletzungen ließ sich ein negativer Einfluss auf das Outcome vermuten. Insgesamt lassen sich auf Grund der kleinen Fallzahlen von Komplikationen keine gesicherten Aussagen treffen.

Zuletzt soll auf die Auswirkungen von Alter und Geschlecht eingegangen werden:

Für das Patientenalter (in Y), dessen Auswirkungen auf den ODI mit Hilfe des T-Tests analysiert wurden, wobei als Trennwert für den ODI wieder 20 genommen wurde, ließ sich kein signifikantes Ergebnis feststellen. Eine negative Auswirkung höheren Patientenalter auf das langfristige Ergebnis liefert diese Analyse also nicht.

Das Testergebnis zur Untersuchung der Auswirkung des Geschlechts (hier mit dem Mann-Whitney-Test) wies knapp an einem signifikanten Ergebnis vorbei: Der p-Wert lag bei 0,08. In diesem Test wiesen Frauen also das etwas schlechtere Ergebnis bezüglich des Outcome auf, eine eindeutige Aussage lässt das Testergebnis jedoch nicht zu.

3.4 Auswirkungen des pathoanatomischen Schweregrades auf die klinischen Befunde

Im folgenden Abschnitt wird untersucht, inwiefern der Schweregrad des BSV im Zusammenhang mit der Anamnesedauer sowie motorischen und sensorischen Ausfallerscheinungen steht. Die Zusammenhänge werden hier tabellarisch aufgelistet.

Tabelle 5: Beeinflussung klinischer Befunde durch den pathoanatomischen Schweregrad					
Variable	Schweregrad des BSV	Anzahl Probanden	Mittlerer Rang der Variable	Statistische Signifikanz (p-Wert)	Korrelationskoeffizient
5.1 Anamnesedauer		290		< 0,001	-0,275
	Protrusion	21	171,95		
	Prolaps	59	172,74		
	Sequester	143	144,79		
	Freier Sequester	67	115,28		
5.2 Präoperative Hypästhesie		299		0,017	0,093
	Protrusion	18	117,39		
	Prolaps	38	127,09		
	Sequester	118	160,19		
	Freier Sequester	125	152,04		
5.3 Präoperative Claudicatio spinalis		293		< 0,001	-0,309
	Protrusion	18	191,78		
	Prolaps	37	182		
	Sequester	115	142,18		
	Freier Sequester	123	134,42		
5.4 Postoperative Claudicatio spinalis		296		< 0,001	-0,292
	Protrusion	18	170,78		
	Prolaps	36	183,36		
	Sequester	117	143,04		
	Freier Sequester	125	140,36		
<p>Legende: In der Spalte "Anzahl Probanden" wird zuerst in fett die Gesamtzahl der Probanden des jeweiligen Tests angezeigt. Darunter fallen alle Patienten, bei denen Daten zur jeweiligen Kategorie erhoben werden konnten, also auch diejenigen, die den untersuchten Befund nicht aufzuweisen hatten.</p> <p>Der Schweregrad des BSV wird in der 2.Spalte in seine 4 Ausprägungsmerkmale aufgeteilt. Für diese wird dann jeweils der mittlere Rang der durch den pathoanatomischen Schweregrad beeinflussten Variable ermittelt (4.Spalte). Die Bestimmung des Korrelationskoeffizienten ist bei nur 2 Ausprägungsmerkmalen und ausschließlich qualitativen Variablen nicht sinnvoll. Die aussagekräftigen Werte sind farblich hervorgehoben.</p>					

Als erstes wird hier das Ergebnis für die Anamnesedauer dargestellt, die in einem starken, statistisch hochsignifikanten, inversen Zusammenhang mit dem Schweregrad des Vorfalls steht ($p < 0,001$; $r = -0,275$). Das heißt, je kürzer die Anamnesedauer war, desto schwerer war im Schnitt der Vorfall.

Was sensorische Ausfallerscheinungen betrifft, fand sich lediglich ein Zusammenhang mit präoperativ bestehenden Hypästhesien: Patienten mit einem schweren BSV litten häufiger unter Hypästhesien, wie der nächste Test zeigt ($p = 0,017$; $r = 0,093$).

Patienten mit einem schweren BSV litten seltener unter Claudicatio spinalis, wie der Kruskal-Wallis-Test zeigt: Sowohl für die präoperative Claudicatio spinalis mit $p < 0,001$, $r = -0,309$ als auch für die postoperative Claudicatio spinalis mit $p < 0,001$ und $r = -0,292$ fand sich ein hochsignifikanter, inverser Zusammenhang.

3.5 Auswirkungen der Größe des Vorfalls auf die klinischen Befunde

In diesem Abschnitt wird in ähnlicher Weise wie im vorherigen untersucht, wie sich die Größe des Vorfalls auf motorische und sensorische Ausfälle auswirkt.

Da der Längsdurchmesser (Größe in mm) und der Querdurchmesser (Größe in mm) metrische Variablen sind, wurde für die Analysen jeweils eine einfaktorielle ANOVA verwendet, die hier tabellarisch dargestellt wird.

Tabelle 6: Größe des Bandscheibenvorfalls und klinische Befunde (einfaktorielle ANOVA)					
Signifikanz (p-Wert): Linke Spalte; Korrelation: Rechte Spalte					
Variable	Längsdurchmesser/ mm		Querdurchmesser/ mm		Anzahl Probanden
6.1 Querdurchmesser/mm	<0,001	0,565	0	1	99
6.2 Präoperative Einschränkung Fersengang	<0,001	0,357	<0,001	0,305	99
6.3 Postoperative Stuhlinkontinenz	-	-	0,038	0,175	99
6.4 Postoperative Quadrizepsparese	0,026	0,051	-	-	99

Legende: Bei den Spalten "Längsdurchmesser" und "Querdurchmesser" zeigt jeweils die linke Spalte den p-Wert und die rechte Spalte den Korrelationskoeffizient an. Korrelationen, die eine signifikante Abhängigkeit anzeigen, sind farblich hervorgehoben.

Wenn kein Signifikanz anzeigender p-Wert festgestellt worden war, wurde die Korrelation nicht gemessen (daher die fehlenden Werte für den Längsdurchmesser bei der dritten Variable und für den Querdurchmesser bei der vierten Variable).

Hier präsentierte sich ein hochsignifikanter Zusammenhang des Längsdurchmessers und ein signifikanter Zusammenhang des Querdurchmessers mit der präoperativen Einschränkung des Fersengangs: $R(\text{Längsdurchmesser/Fersengang}) = 0,357$; $R(\text{Querdurchmesser/Fersengang}) = 0,305$. Das heißt, je größer der BSV war, desto häufiger traten Einschränkungen des Fersengangs auf.

Ein zuvor postulierter Zusammenhang zur Inkontinenzsymptomatik konnte nur für die postoperative Stuhlinkontinenz mit dem Querdurchmesser bestätigt werden. Mit $p = 0,038$ und $r(\text{postoperative Stuhlinkontinenz/Querdurchmesser}) = 0,175$ lag ein signifikantes Ergebnis vor. Ein größerer Querdurchmesser des BSV ging also mit häufigerer postoperativer Stuhlinkontinenzsymptomatik einher.

Ein Zusammenhang mit Paresen der unteren Extremitäten fand sich lediglich für das Vorhandensein postoperativer Quadrizepsparesen mit dem Längsdurchmesser. Mit $p = 0,026$ ist das Ergebnis als signifikant zu werten. Da der Korrelationskoeffizient allerdings nur bei 0,051 liegt, kann von einem positiven Zusammenhang nicht ausgegangen werden.

Zuletzt sei noch darauf verwiesen, dass auch der Quer- und der Längsdurchmesser der BSV miteinander eine starke Korrelation aufwiesen, was hier erst durch die starke Korrelation nach Pearson verdeutlicht wird. Ein größerer Längsdurchmesser koinzidiert also mit einem größeren Querdurchmesser.

3.6 Auswirkungen zusätzlicher ossärer Veränderungen auf die klinischen Befunde

In diesem Abschnitt soll dargelegt werden, inwiefern die radiologisch erfassten Befunde mit der klinischen Symptomatik zusammenhängen. Die signifikanten Zusammenhänge werden hier tabellarisch dargestellt.

Beeinflusste Variable	Ausprägung		Spinalkanalstenosen (mittlerer Rang)		Statistische Signifikanz (p-Wert)
	Ja	Nein	Ja	Nein	
7.1 Präoperative Hypästhesie	95	127	100,48	119,74	0,007
7.2 Postoperative Hypästhesie	80	108	81,64	104,03	0,002
7.3 Präoperative Claudicatio spinalis	94	125	134,38	91,66	<0,001
7.4 Postoperative Claudicatio spinalis	93	126	123,73	99,87	<0,001
7.5 Präoperativer Immobilisationsgrad	95	124	120,41	102,03	0,022
Beeinflusste Variable	Ausprägung		Facettengelenksarthrose (Mittlerer Rang)		Statistische Signifikanz (p-Wert)
	Ja	Nein	Ja	Nein	
7.6 Postoperative Schmerzen	45	162	121,41	99,16	0,013

Legende: In der 3.Spalte werden jeweils die mittleren Ränge der abhängigen Variablen dargestellt: In der linken Spalte (Ja) bei vorhandenen und in der rechten Spalte (Nein) bei nicht vorhandenen Spinalkanalstenosen, bzw. Facettengelenksarthrosen. Aussagekräftige Werte sind farblich hervorgehoben.

Als erstes wurden dazu die Auswirkungen von Spinalkanalstenosen untersucht, die über den radiologischen Befund erfasst wurden. Da es sich um eine nominale Variable mit 2 Ausprägungsmerkmalen handelt (Stenosen vorhanden oder nicht vorhanden), wurde sie mit dem Mann-Whitney-Test untersucht. Hier zeigte sich ein hochsignifikanter, inverser Zusammenhang mit sowohl präoperativen ($p = 0,007$) als auch postoperativen ($p = 0,002$) Hypästhesie. Bei Patienten mit Spinalkanalstenosen traten seltener Hypästhesien auf, wie der Rangsummentest zeigt.

Ein weiterer hochsignifikanter Zusammenhang zeigt sich im Mann-Whitney-Test zwischen Spinalkanalstenosen und dem Auftreten der Claudicatio spinalis sowohl präoperativ als auch postoperativ. Für beide Variablen war $p < 0,001$. Bei Patienten mit Spinalkanalstenosen trat also wesentlich häufiger eine Claudicatio spinalis auf.

Ein signifikanter Zusammenhang mit $p = 0,022$ fand sich mit dem präoperativen Immobilisationsgrad, Patienten mit Spinalkanalstenosen waren also auch häufiger präoperativ höhergradig immobilisiert.

Für die Spondylarthrose wurden keine signifikanten und kohärenten Zusammenhänge gefunden.

Für die Facettengelenksarthrose fand sich ein deutlicher Zusammenhang mit postoperativen Schmerzen, der, wie auch die vorherigen Ergebnisse, im Mann-Whitney-Test analysiert wurde: Der p-Wert lag bei 0,013, der Zusammenhang ist also als signifikant zu werten. Patienten mit Facettengelenksarthrose litten demnach häufiger unter postoperativen Schmerzen.

Für die Spondylolisthesis fand sich kein signifikanter und kohärenter Zusammenhang mit klinischen Symptomen.

3.7 Wechselwirkungen klinischer Symptome untereinander

Hier wurde untersucht, ob Zusammenhänge zwischen verschiedenen klinischen Symptomen existieren

Tabelle 8: Klinische Befunde kombiniert (Rangsummentests)				
Beeinflusste Variable (Mittlerer Rang)	Anzahl Probanden	Unabhängige Variable	Statistische Signifikanz (p-Wert)	Korrelationskoeffizient
8.1 Postoperative Schmerzen	214	Postoperatives Schonhinken	0,022	0,182
Komplette Remission	88	98,55		
Partielle Remission	116	113,84		
Keine Remission	10	112,75		
8.2 Stand- und Gangunsicherheit postoperativ	124	Schmerzen 6-8 w postoperativ	0,011	0,189
Komplette Remission	51	58,44		
Partielle Remission	66	63,06		
Keine Rmission	6	81		
Verstärkte Stand- und Gangunsicherheit	1	123,5		
8.3 Schmerzen 6-8 w postoperativ	188	Präoperativ Harninkontinenz	0,078	-
Komplette Remission	78	93,45		
Partielle Remission	98	93		
Keine Remission	11	113,32		
Verstärkte Schmerzen	1	87,5		

Tabelle 8: Klinische Befunde kombiniert (Rangsummentests)				
Beeinflusste Variable (Mittlerer Rang)	Anzahl Probanden	Unabhängige Variable	Statistische Signifikanz (p-Wert)	Korrelationskoeffizient
8.4 Schmerzen 6-8 w postoperativ	188	Präoperativ Stuhlinkontinenz	0,042	0,018
Komplette Remission	78	93,01		
Partielle Remission	98	93,45		
Keine Remission	11	108,32		
Verstärkte Schmerzen	1	91,5		
8.5 Schmerzen 6-8 w postoperativ	188	Postoperative Harninkontinenz	<0,001	0,226
Komplette Remission	78	92		
Partielle Remission	98	93,91		
Keine Remission	11	117,68		
Verstärkte Schmerzen	1	92		
8.6 Schmerzen 6-8 w postoperativ	188	Postoperative Stuhlinkontinenz	0,001	0,133
Komplette Remission	78	94		
Partielle Remission	98	94		
Keine Remission	11	102,55		
Verstärkte Schmerzen	1	94		
8.7 Schmerzen 6-8 w postoperativ	183	Kraftgrad Fußheber Präoperativ	0,035	0,157
Komplette Remission	75	83,51		
Partielle Remission	96	97,65		
Keine Remission	11	107,36		
Verstärkte Schmerzen	1	17,5		
8.8 Schmerzen 6-8 w postoperativ	182	Kraftgrad Zehenheber Präoperativ	0,001	0,211
Komplette Remission	74	81,72		
Partielle Remission	96	99,1		
Keine Remission	11	98,32		
Verstärkte Schmerzen	1	10,5		
8.9 Postoperative Hypästhesie	255	Präoperative Hypästhesie	<0,001	-
Komplette Remission	98	82,68		
Partielle Remission	157	156,29		
8.10 Präoperative Claudicatio spinalis	292		0,001	0,167
Keine Claudicatio spinalis	98	160,8		
Leichte Claudicatio spinalis	1	126,5		
Schwere Claudicatio spinalis	193	139,34		

Tabelle 8: Klinische Befunde kombiniert (Rangsummentests)				
Beeinflusste Variable (Mittlerer Rang)	Anzahl Probanden	Unabhängige Variable	Statistische Signifikanz (p-Wert)	Korrelationskoeffizient
8.11 Präoperative Einschränkung des Monopeden Hüftens	138	Präoperative Hypästhesie		
			0,005	-
Keine Einschränkung	53	60,42		
Einschränkung	85	75,16		
8.12 Präoperative Stand- und Gangunsicherheit	216	Präoperative Hypästhesie		
			0,012	-
Keine Stand- und Gangunsicherheit	75	96,25		
Stand- und Gangunsicherheit vorhanden	141	115,02		
8.13 Präoperative Einschränkung des Zehengangs	162	Präoperative Hypästhesie		
			0,003	-
Keine Einschränkung	60	70,65		
Einschränkung	102	87,88		
8.14 Postoperative Einschränkung des Zehengangs	185	Präoperative Hypästhesie		
			<0,001	0,172
Vollst. Remission	74	88,21		
Partielle Remission	1	182,5		
Keine Remission	110	95,41		

8.15 Präoperative Einschränkung des Fersengangs	165	Präoperative Hypästhesie		
			0,002	-
Keine Einschränkung	63	74,64		
Einschränkung	102	88,16		
8.16 Präoperative Hypästhesie	295	Präoperativer Kraftgrad des Fußhebers		
			0,012	-
Keine Hypästhesie	99	163,06		
Hypästhesie vorhanden	196	140,49		
8.17 Präoperative Hypästhesie	290	Postoperativer Kraftgrad des Fußhebers		
			0,086	-
Keine Hypästhesie	97	153,97		
Hypästhesie vorhanden	193	141,24		
8.18 Präoperative Hypästhesie	296	Präoperativer Kraftgrad des Zehenhebers		
			<0,001	-
Keine Hypästhesie	99	164,76		
Hypästhesie vorhanden	197	140,33		

Tabelle 8: Klinische Befunde kombiniert (Rangsummentests)				
Beeinflusste Variable (Mittlerer Rang)	Anzahl Probanden	Unabhängige Variable	Statistische Signifikanz (p-Wert)	Korrelationskoeffizient
8.19 Präoperative Hypästhesie	298	Postoperativer Kraftgrad des Zehenhebers	0,014	-
Keine Hypästhesie	100	157,97		
Hypästhesie vorhanden	198	145,22		
8.20 Präoperative Hypästhesie	297	Präoperativer Kraftgrad des M.quadrizeps	0,049	-
Keine Hypästhesie	99	156,86		
Hypästhesie vorhanden	198	145,07		
<p><i>Legende: In der Spalte "Anzahl Probanden" wird zuerst in fett die Gesamtzahl der Probanden des jeweiligen Tests angezeigt. Darunter fallen alle Patienten, bei denen Daten zur jeweiligen Kategorie erhoben werden konnten, also auch diejenigen, die den untersuchten Befund nicht aufzuweisen hatten. In der 1.Spalte werden die abhängigen Variablen in ihre Ausprägungsmerkmale aufgeteilt. Deren mittlere Ränge bezüglich der unabhängigen Variable werden dann in der 3.Spalte angegeben. Die Bestimmung des Korrelationskoeffizienten ist bei nur 2 Ausprägungsmerkmalen und ausschließlich qualitativen Variablen nicht sinnvoll. Aussagekräftige Werte sind farblich hervorgehoben.</i></p>				

Mit dem hier durchgeführten Kruskal-Wallis-Test, der sich für 2 ordinal skalierte Variablen gut eignet, ließ sich mit $p = 0,022$ ein als signifikant anzusehender Zusammenhang zwischen der unmittelbar postoperativ eruierten Schmerzsymptomatik und dem postoperativen Schonhinken ermitteln; die Korrelation lag bei 0,182; das heißt, dass postoperativ starke Schmerzen mit häufigerem Schonhinken einhergingen. Zwar scherte die letzte Gruppe (Keine Rückbildung) mit einem etwas niedrigerem Rang ein wenig aus, wegen der geringen Anzahl ($n = 10$) ist das Ergebnis allerdings durchaus als kohärent anzusehen.

Für die 6-8 Wochen nach der OP ermittelte Schmerzsymptomatik (dieselbe Einteilung wie oben) ließen sich mehrere Zusammenhänge finden. Als erstes wird der Zusammenhang zur postoperativen Stand- und Gangunsicherheit (Stand- und Gangunsicherheit) dargestellt. Diese wurde ebenfalls mit dem Kruskal-Wallis-Test ermittelt ($p = 0,011$; $r = 0,198$). Eine postoperative Stand- und Gangunsicherheit ging also häufig mit 6-8 Wochen nach der Operation persistierenden Schmerzen einher.

Eindeutige Zusammenhänge ließen sich für die 6-8 Wochen nach der OP ermittelte Schmerzsymptomatik mit der Inkontinenzsymptomatik feststellen:

Zwischen den 6-8 Wochen postoperativen Schmerzen und der präoperativen Harninkontinenz ließ sich mit $p = 0,078$ kein signifikantes Ergebnis feststellen.

Für die präoperative Stuhlinkontinenz lag jedoch mit $p = ,042$ und $r = 0,018$ ein signifikanter Zusammenhang vor. Für die postoperative Harninkontinenz ergab sich $p < 0,001$, $R = 0,226$ und für die postoperative Stuhlinkontinenz fand sich $p = 0,001$ und $R = 0,133$.

Die Zusammenhänge mit postoperativen Inkontinenzbefunden sind also hochsignifikant. Je ausgeprägter die Inkontinenzsymptomatik war, desto stärker waren die 6-8 Wochen nach der Operation persistierenden Schmerzen.

Weiterhin fanden sich noch mehrere inverse Zusammenhänge mit präoperativen motorischen Ausfällen: Für die Fußheberparese ergab sich $p = 0,035$ und $r = 0,157$ und für die Zehenheberparese: $p = 0,001$ und $r = 0,211$. Das Ergebnis ist als kohärent zu werten, da die aus dem Rahmen fallende Gruppe der Kategorie „Verstärkte Schmerzen“ nur einen Probanden enthält. Die positive Korrelation zwischen dem postoperativen Schmerzbefund und dem Kraftgrad der entsprechenden Muskelgruppen spiegelt einen inversen Zusammenhang zu den entsprechenden Paresen wieder.

Das heißt, je schwerer die Paresen, desto geringer waren die Schmerzen. Für die Fußheberparese ist der Zusammenhang als signifikant und für die Zehenheberparese als hochsignifikant zu werten.

Zuletzt wurden in diesem Abschnitt die Zusammenhänge zwischen der präoperativen Hypästhesie und anderen klinischen Parametern untersucht:

Zwischen der präoperativen und der postoperativen Hypästhesie bestand ein starker, hochsignifikanter Zusammenhang, wie der Mann-Whitney-Test mit $p < 0,001$ zeigt. Je stärker die Hypästhesie präoperativ war, desto stärker war sie auch postoperativ.

Ein inverser Zusammenhang bestand zwischen der präoperativen Hypästhesie und dem Auftreten einer Claudicatio spinalis, das heißt je häufiger die Hypästhesie auftrat, desto seltener trat eine Claudicatio spinalis auf. Da die Gruppe mit der leichten Claudicatio spinalis mit $n = 1$ vernachlässigbar klein ist, ist das Ergebnis trotz dieses Ausreißers als kohärent zu werten.

Für die postoperative Claudicatio spinalis ergab sich kein signifikanter Zusammenhang mehr.

Mit $p = 0,005$ fand sich ein hochsignifikanter Zusammenhang zwischen der präoperativen Hypästhesie und der präoperativen Einschränkung des Monopeden Hüpfens wie der Mann-Whitney-Test zeigt.

Für die postoperative Einschränkung des Monopeden Hüpfens ließ sich ein ähnlicher Zusammenhang nicht aufzeigen.

Ein signifikanter Zusammenhang mit $p = 0,012$ fand sich für die Hypästhesie mit der präoperativen Stand- und Gangunsicherheit. Wie im Mann-Whitney-Test gezeigt, trat bei Patienten mit präoperativer Stand- und Gangunsicherheit häufiger eine Hypästhesie auf.

Auch hier ließ sich ein äquivalenter Zusammenhang mit der Hypästhesie für die postoperative Symptomatik nicht nachweisen.

Mit der Einschränkung sowohl des präoperativen als auch des postoperativen Zehengangs und -stands fand sich ein Zusammenhang mit der Hypästhesie:

Für den präoperativen Zehengang ergab sich mit $p = 0,003$ im Mann-Whitney-Test ein hochsignifikanter Zusammenhang, für den postoperativen Zehengang lauteten die Werte im Kruskal-Wallis-Test $p < 0,001$ und $r = 0,172$. Das Ergebnis ist also ebenfalls hochsignifikant. Auch hier beeinflusst der eine Ausreißer in der Gruppe „Partielle Remission“ die Kohärenz der Ergebnisse nicht.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass bei Einschränkungen des Zehengangs auch häufiger eine Hypästhesie auftrat.

Zu ähnlichen Resultaten führte die Analyse des Zusammenhangs mit der Einschränkung des Fersengangs, allerdings zeigte sich ein signifikanter Zusammenhang ($p = 0,032$) nur für die präoperative Symptomatik.

Bei einer präoperativen Einschränkung des Fersengangs trat häufiger eine Hypästhesie auf, wie auch hier wieder der Mann-Whitney-Test zeigt.

Für den postoperativen Befund ließ sich kein signifikanter Zusammenhang feststellen.

Ein weiterer Zusammenhang ließ sich noch zu Paresen der unteren Extremitäten (wie üblich gemessen in Kraftgrad der entsprechenden Muskelgruppen) mit dem Mann-Whitney-Test ermitteln:

Für die präoperative Fußheberparese liegt mit $p = 0,012$ ein signifikanter Zusammenhang vor. Die postoperative Fußheberparese steht dagegen mit $p = 0,086$ in keinem signifikanten Zusammenhang mit der Hypästhesie.

Für die präoperative Zehenheberparese lag der p-Wert bei $< 0,001$, der Zusammenhang ist also hochsignifikant.

Für den postoperativen Befund mit $p = 0,014$ liegt ein signifikanter Zusammenhang vor.

Zuletzt ließ sich noch ein Zusammenhang mit der Quadrizepsparese ermitteln:

Mit $p = 0,049$ kann er noch knapp als signifikant gewertet werden.

In all diesen Fällen spiegelt der inverse Zusammenhang mit dem jeweiligen Kraftgrad einen positiven Zusammenhang mit der Parese der entsprechenden Muskelgruppen wieder; das heißt, je ausgeprägter die Hypästhesie, desto schwerer waren auch die Paresen.

Für präoperativ bestehende Parästhesien ließ sich kein signifikanter Zusammenhang mit anderen klinischen Symptomen aufzeigen.

Für das Laseguezeichen zeigte sich ebenfalls kein Zusammenhang zu klinischen Symptomen.

3.8 Einfluss des Alters

In diesem Abschnitt wurde der Einfluss des Patientenalters (in y) auf die klinische Symptomatik untersucht: Da es sich hierbei um ein metrisch skalierte Variable handelt, wurde vor allem die einfaktorielle ANOVA zur Analyse herangezogen, deren Ergebnisse hier tabellarisch dargestellt werden.

Tabelle 9: Auswirkungen des Alters (Einfaktorielle ANOVA)				
Beeinflusste Variable	Anzahl Probanden	Mittelwert des Patientenalters/Y	Statistische Signifikanz (p-Wert)	Korrelationskoeffizient
9.1 Postoperative Schmerzen	276		0,041	0,181
Vollst. Remission	108	55,1		
Unvollst. Remission	155	59,0		
Keine Remission	13	62,6		
9.2 Präoperative Claudicatio spinalis	261		<0,001	0,315
Keine Claudicatio spinalis	231	56		
Leichte Claudicatio spinalis	3	65,2		
Schwere Claudicatio spinalis	27	67,9		
9.3 Postoperative Claudicatio spinalis	286		<0,001	0,277
Vollst. Remission	264	56,3		
Unvollst. Remission	20	71,6		
Keine Remission	2	65,5		

Tabelle 9: Auswirkungen des Alters (Einfaktorielle ANOVA)				
Beeinflusste Variable	Anzahl Probanden	Mittelwert des Patientenalters/Y	Statistische Signifikanz (p-Wert)	Korrelationskoeffizient
9.4 Postoperatives Schonhinken	232		0,026	0,196
Vollst. Remission	194	56,3		
Unvollst. Remission	32	62,8		
Keine Remission	6	64,2		
9.5 Präoperative Stand- und Gangunsicherheit	215		<0,001	0,225
Keine Stand- und Gangunsicherheit	75	55,9		
Leichte Stand- und Gangunsicherheit	17	52,8		
Schwere Stand- und Gangunsicherheit	123	64,1		
9.6 Postoperatives Lumbovertebralsyndrom	275		0,016	0,172
Vollst. Remission	230	56,4		
Unvollst. Remission	40	63		
Keine Remission	5	61,8		
<p><i>Legende: In der Spalte "Anzahl Probanden" wird zuerst in fett die Gesamtzahl der Probanden des jeweiligen Tests angezeigt. Darunter fallen alle Patienten, bei denen Daten zur jeweiligen Kategorie erhoben werden konnten, also auch diejenigen, die den untersuchten Befund nicht aufzuweisen hatten. In der 3. Spalte wird der Mittelwert des Patientenalters jeweils für die verschiedenen Ausprägungsmerkmale der abhängigen Variable angezeigt. Aussagekräftige Werte sind farblich hervorgehoben.</i></p>				

Zuerst fand sich mit $p = 0,041$ und $R = 0,181$ ein als signifikant anzusehender Zusammenhang zu der postoperativen Schmerzsymptomatik, der zeigt, dass mit zunehmendem Patientenalter postoperativ eine schlechtere Remission der Schmerzen zu verzeichnen ist.

Als nächstes zeigte sich, dass ältere Patienten wesentlich häufiger präoperativ unter einer Claudicatio spinalis litten: Mit $p < 0,001$ und $R = 0,315$ ist der Zusammenhang als stark und hochsignifikant anzusehen.

Zu einem sehr ähnlichen Ergebnis führte die Untersuchung in Bezug auf die postoperative Claudicatio spinalis: Ältere Patienten litten auch postoperativ häufiger unter einer Claudicatio spinalis. Mit $p < 0,001$ und $R = 0,277$ zeigt sich auch hier ein hochsignifikanter und starker Zusammenhang. Das Ergebnis ist trotz des scheinbaren Widerspruchs, dass die Patientengruppe mit dem Ergebnis 2 (kein Rückgang der Claudicatio spinalis) einen jüngeren Altersdurchschnitt aufweist als die Gruppe mit partiellem Rückgang der Claudicatio spinalis,

als kohärent zu erachten, da die erstgenannte Gruppe mit $n = 2$ eine geringe Patientenzahl aufweist.

Mit $p = 0,026$ und $R = 0,196$ bestand ein signifikanter Zusammenhang zum postoperativ auftretenden Schonhinken. Dieses trat mit zunehmendem Patientenalter wesentlich häufiger auf.

Für den entsprechenden präoperativen Befund ließ sich mit $p = 0,105$ kein signifikantes Ergebnis nachweisen.

Ein hochsignifikanter Zusammenhang mit $p < 0,001$ und $R = 0,225$ zeigte sich für die postoperative Stand- und Gangunsicherheit. Diese trat mit zunehmendem Alter häufiger auf. An dieser Stelle ergibt sich ein ähnliches Problem wie bei der Claudicatio spinalis; allerdings ist auch hier für das Ergebnis "Leichte Stand- und Gangunsicherheit" festzuhalten, dass die Gruppengröße mit $n = 17$ (5,4% der Patienten) relativ gering war und die Kohärenz des Ergebnisses daher nicht als eingeschränkt zu beurteilen ist.

Bei der Stand- und Gangunsicherheit ließ sich für den präoperativen-Befund mit $p = 0,068$ kein signifikantes Ergebnis ermitteln.

Ein signifikanter Zusammenhang mit $p = 0,016$ und $R = 0,172$ ließ sich für das postoperative Lumbovertebralsyndrom feststellen, das mit zunehmendem Alter häufiger auftrat. Auch für diesen Test muss angemerkt werden, dass mit $n = 5$ (1,6% der Gesamtzahl) die Gruppe mit dem Ergebnis "keine Rückbildung" für das Lumbovertebralsyndrom relativ klein war und die Kohärenz des Ergebnisses daher trotz des Ausreißers nicht als beeinträchtigt angesehen werden muss.

Die motorische Ausfallsymptomatik betreffend fanden sich positive Zusammenhänge mit der präoperativen und postoperativen Quadrizepsparese, die in der Tabelle nicht dargestellt werden. Für die postoperative Quadrizepsparese ist dieser mit $p = 0,002$ und $R = -0,216$ hochsignifikant.

Auch hier zeigten sich wieder inverse Zusammenhänge mit dem Kraftgrad der entsprechenden Muskelgruppen, die positive Zusammenhänge mit den jeweiligen Paresen widerspiegeln. Das heißt, mit zunehmendem Alter traten häufiger Paresen des M. quadriceps auf.

Ein inverser Zusammenhang ergab sich mit der präoperativen Glutaeusparese mit $p = 0,025$ und $R = 0,132$. In diesem Fall zeigte die positive Korrelation des Patientenalters mit dem Kraftgrad einen inversen Zusammenhang mit der Parese an, das heißt, dass bei höherem Patientenalter seltener Glutaeusparesen auftraten.

Für den postoperativen Befund ließ sich mit $p = 0,008$ zwar ebenfalls ein hochsignifikanter, inverser Zusammenhang nachweisen, allerdings ist das Ergebnis wegen niedriger Patientenzahl und der Tatsache, dass nur die Kraftgrade 4 und 5 im Patientenkollektiv auftauchten, als fragwürdig anzusehen.

3.9 Einfluss des Geschlechts

Als letzte Kategorie wurde der Einfluss des Geschlechts auf das Outcome und die klinische Symptomatik untersucht.

Der Zusammenhang mit dem ODI wurde im Abschnitt 3.3 schon dargestellt.

Zunächst einmal wird mit einer Häufigkeitstabelle die Geschlechtsverteilung in der Grundgesamtheit der Patienten mit mikroinvasiv operierten BSV untersucht.

Tabelle 10: Auswirkungen des Geschlechts			
Anzahl Probanden		Statistische Signifikanz (p-Wert)	
Gesamt	307	0,458	
Männer	160		
Frauen	147		
Auswirkungen auf klinische Befunde (Rangsummentests)			
Geschlecht	Anzahl Probanden	Beeinflusste Variable (Mittlerer Rang)	Statistische Signifikanz (p-Wert)
Gesamt	215	10.1 Präoperative Stand-und Gangunsicherheit	0,028
Männer	102	116,25	
Frauen	113	100,55	
Gesamt	299	10.2 Postoperative Hüftbeugerparese	0,024
Männer	156	153,53	
Frauen	143	146,15	
<p>Legende: In der Spalte "Anzahl Probanden" wird zuerst in fett die Gesamtzahl der Probanden des jeweiligen Tests angezeigt. Darunter fallen alle Patienten, bei denen Daten zur jeweiligen Kategorie erhoben werden konnten, also auch diejenigen, die den untersuchten Befund nicht aufzuweisen hatten.</p> <p>Im unteren Teil der Tabelle werden die mittleren Ränge der beeinflussten Variable (3.Spalte) jeweils für Männer und Frauen aufgelistet. Aussagekräftige Werte sind farblich hervorgehoben.</p>			

Insgesamt sind Männer in dem untersuchten Patientenkollektiv etwas überrepräsentiert, mit $p = 0,458$ ist der geschlechtsspezifische Häufigkeitsunterschied allerdings nicht signifikant.

Im Mann-Whitney-Test zeigte sich, dass bei Männern präoperativ etwas häufiger eine Stand- und Gangunsicherheit auftrat. Mit $p = 0,028$ ist das Ergebnis signifikant.

Bei Frauen trat postoperativ etwas häufiger eine Hüftbeuger-/Psoaspause auf, wie der Tabelle zu entnehmen ist. Hier zeigte sich, dass Frauen einen im Median niedrigeren Kraftgrad der Hüftbeugemuskeln hatten, was den positiven Zusammenhang zu den Paresen widerspiegelt. Mit $p = 0,024$ ist er signifikant.

Ansonsten ließen sich für das Geschlecht der Patienten keine signifikanten Unterschiede bei anderen erhobenen Parametern nachweisen.

3.10 Partielle Korrelationen

Abschließend wurden partielle Korrelationen für die Variablen durchgeführt, bei denen aussagekräftige Zusammenhänge gefunden worden waren: Dies dient dazu, wie im Methodenteil bereits erläutert wurde, den Einfluss interferierender Variablen abzuschätzen und auszuschalten.

Tabelle 11: Partielle Korrelationen					
Beeinflusste Variable	Mittlervariable	Unabhängige Variable	Korrelationskoeffizient vor Entfernung der Mittlervariable	Statistische Signifikanz (p-Wert) nach Entfernung der Mittlervariable	Korrelationskoeffizient Nach Entfernung der Mittlervariable
11.1 Postoperativer ODI	Anamnesedauer	Pathoanatomischer Schweregrad des BSV	-0,176	<0,001	-0,205
11.2 Präoperative Hypästhesie	Anamnesedauer	Pathoanatomischer Schweregrad des BSV	0,093	0,623	0,032
11.3 Präoperative Claudicatio spinalis	Anamnesedauer	Pathoanatomischer Schweregrad des BSV	-0,309	0,02	0,150
11.4 Postoperative Claudicatio spinalis	Anamnesedauer	Pathoanatomischer Schweregrad des BSV	-0,292	0,015	0,157

Legende: Aussagekräftige Werte für die Korrelationskoeffizienten sind farblich hervorgehoben.

Zuerst wurde hierbei getestet, ob die inverse Korrelation zwischen dem pathoanatomischen Schweregrad des BSV und dem langfristigen ODI ausschließlich der Anamnesedauer geschuldet ist. Im Test zeigt sich, dass der hochsignifikante, inverse Zusammenhang zwischen dem pathoanatomischen Schweregrad und dem langfristigen ODI offenbar auch dann bestehen bleibt, wenn man den Einfluss der Anamnesedauer eliminiert.

Der Korrelationskoeffizient lag für den Vergleich beider Variablen bei $r = -0,176$ und ergab bei der partiellen Korrelation einen Wert von $r = -0,205$. Die Korrelation ist also bei letzterem Verfahren sogar noch stärker geworden.

Das heißt, dass bei Patienten mit zunehmendem Schweregrad des BSV ein besseres Outcome auch dann zu verzeichnen war, wenn man den vermittelnden Einfluss der Anamnesedauer mit berücksichtigt.

Da der Einfluss der Anamnesedauer insgesamt hoch einzuschätzen ist, wurde als nächstes untersucht, ob sie eine Rolle bei der Beeinflussung des langfristigen ODI durch andere Variablen spielt. Ein solcher wurde aber für keine der klinischen Symptome und ossären Degenerationserscheinungen gefunden. Der Korrelationskoeffizient blieb in allen Fällen dem Ausgangswert sehr ähnlich.

Die einzige signifikante Änderung wurde für den Einfluss der Rezidivvorfälle gefunden: Nach Berücksichtigung der Anamnesedauer sank der Korrelationskoeffizient von ursprünglich $0,201$ auf $0,059$ ab und mit $p = 0,543$ lag dann auch kein signifikantes Ergebnis mehr vor. Das bedeutet, dass Rezidivvorfälle, sofern sie in so kurzem Abstand nach dem Primärvorfall auftreten, sie also nicht mit einer längeren Anamnesedauer einhergehen, das Outcome also nicht signifikant negativ beeinflussen.

Eine gewisse Rolle scheint die Anamnesedauer allerdings bei Auswirkungen des pathoanatomischen Schweregrades des BSV auf klinische Befunde zu spielen:

Die Korrelation mit der präoperativ Hypästhesie ist hier nach Berücksichtigung der Anamnesedauer noch kleiner geworden: Sie lag vorher bei $0,093$ und nach der partiellen Korrelation bei $0,032$. Damit zeigt sie keinen als kausal interpretierbaren Zusammenhang mehr an.

Bei der Claudicatio spinalis hat sich die Korrelation sogar umgekehrt: Bei der Berechnung ohne Mittlervariable lag die Korrelation mit der präoperativen Claudicatio spinalis bei $r = -0,309$ und bei Berücksichtigung der Anamnesedauer als Mittlervariable bei $r = 0,150$.

Bei der postoperativen Claudicatio spinalis änderte sich durch die Entfernung der Anamnesedauer als Mittlervariable der Korrelationskoeffizient von $r = -0,292$ auf $r = 0,157$.

Die inversen Zusammenhänge sind also nach Berücksichtigung der Anamnesedauer zu positiven Zusammenhängen geworden.

Das bedeutet, dass mit zunehmendem Schweregrad des BSV auch häufiger eine Claudicatio spinalis auftrat, sofern man den Einfluss der Anamnesedauer eliminiert.

Ebenfalls eine Umkehrung des Zusammenhangs wurde für die Korrelation zwischen den 6-8 Wochen postoperativ auftretenden Schmerzen und der postoperativen Stand- und Gangunsicherheit gefunden (in der Tabelle nicht dargestellt): Der Korrelationskoeffizient änderte sich von $r = 0,198$ auf $r = -0,133$, nachdem der ODI und die Anamnesedauer herausgerechnet worden waren. Statistische Signifikanz bestand dann allerdings nicht mehr ($p = 0,232$).

Nach Berücksichtigung des vermittelnden Einflusses der Anamnesedauer lässt sich also festhalten, dass ein Zusammenhang zwischen den 6-8 Wochen nach der Operation persistierenden Schmerzen und der Stand- und Gangunsicherheit nicht mehr nachweisbar ist.

3.11 Übersicht

Zum Schluss des Kapitels werden die wichtigsten Zusammenhänge noch einmal tabellarisch dargestellt.

Tabelle 12: Übersicht. Zusammenfassung der wichtigsten Zusammenhänge		
Unabhängige Variable	Beeinflusste Variable	Stärke des Zusammenhangs: Korrelationskoeffizient r (nach Pearson oder Spearman) und/oder qualitative Beschreibung
Anamnesedauer	Präoperative Hypästhesie	Hochsignifikanter, inverser Zusammenhang
Anamnesedauer	Präoperative Claudicatio spinalis	r = 0,218: mittelstarker, positiver Zusammenhang
Anamnesedauer	Postoperative Claudicatio spinalis	r = 0,174: eher schwacher, positiver Zusammenhang
Anamnesedauer	Langfristiger ODI	r = 0,226: mittelstarker, positiver Zusammenhang
Schmerzen 6-8 Wochen postoperativ	Langfristiger ODI	r = 0,230: mittelstarker, positiver Zusammenhang
Präoperative Claudicatio spinalis	Langfristiger ODI	r = 0,238: mittelstarker, positiver Zusammenhang
Postoperative Claudicatio spinalis	Langfristiger ODI	r = 0,272: relativ starker, positiver Zusammenhang
Präoperatives Schonhinken	Langfristiger ODI	r = 0,252: mittelstarker, positiver Zusammenhang
Postoperatives Schon- hinken	Langfristiger ODI	r = 0,277: relativ starker, positiver Zusammenhang
Postoperative Stand- und Gangunsicherheit	Langfristiger ODI	r = 0,242: mittelstarker, positiver Zusammenhang

Tabelle 12: Übersicht. Zusammenfassung der wichtigsten Zusammenhänge		
Unabhängige Variable	Beeinflusste Variable	Stärke des Zusammenhangs: Korrelationskoeffizient r (nach Pearson oder Spearman) und/oder qualitative Beschreibung
Präoperative Immobilisation	Langfristiger ODI	r = 0,184: eher schwacher, positiver Zusammenhang
Postoperatives Lumbo-vertebralsyndrom	Langfristiger ODI	r = 0,179: eher schwacher, positiver Zusammenhang
Pathoanatomischer Schweregrad des BSV	Langfristiger ODI	r = -0,205: mittelstarker, inverser Zusammenhang
Spinalkanalstenosen	Langfristiger ODI	Ziemlich starker, positiver Zusammenhang
Spondylolisthesis	Langfristiger ODI	Starker, positiver Zusammenhang
Vernarbung	Langfristiger ODI	Relativ schwacher, positiver Zusammenhang
Rezidive	Langfristiger ODI	r = 0,201: mittelstarker, positiver Zusammenhang
Rezidivoperationen	Langfristiger ODI	r = 0,273: relativ starker, positiver Zusammenhang
Pathoanatomischer Schweregrad	Präoperative Hypästhesie	r = 0,093: schwacher, positiver Zusammenhang
Pathoanatomischer Schweregrad	Präoperative Claudicatio spinalis	r = 0,150: relativ schwacher, positiver Zusammenhang
Pathoanatomischer Schweregrad	postoperative Claudicatio spinalis	r = 0,157: relativ schwacher, positiver Zusammenhang
Größe des BSV: Längsdurchmesser	Präoperative Einschränkung des Fersengangs	r = 0,357: starker, positiver Zusammenhang
Größe des BSV: Querdurchmesser	Präoperative Einschränkung des Fersengangs	r = 0,305: starker, positiver Zusammenhang
Größe des BSV: Querdurchmesser	Postoperative Stuhlinkontinenz	r = 0,175: relativ schwacher, positiver Zusammenhang

Tabelle 12: Übersicht. Zusammenfassung der wichtigsten Zusammenhänge		
Unabhängige Variable	Beeinflusste Variable	Stärke des Zusammenhangs: Korrelationskoeffizient r (nach Pearson oder Spearman) und/oder qualitative Beschreibung
Spinalkanalstenosen	Präoperative Claudicatio spinalis	Starker, positiver Zusammenhang
Spinalkanalstenosen	Postoperative Claudicatio spinalis	Starker, positiver Zusammenhang
Spinalkanalstenosen	Präoperativer Immobilisationsgrad	Mittelstarker, positiver Zusammenhang
Facettengelenksarthrose	Postoperative Schmerzen	Relativ starker, positiver Zusammenhang
Alter	Postoperative Schmerzen	r = 0,181: relativ schwacher, positiver Zusammenhang
Alter	Präoperative Claudicatio spinalis	r = 0,315: starker, positiver Zusammenhang
Alter	Postoperative Claudicatio spinalis	r = 0,277: relativ starker, positiver Zusammenhang
Alter	Postoperatives Schonhinken	r = 0,196: relativ schwacher, positiver Zusammenhang
Alter	Präoperative Stand- und Gangunsicherheit	r = 0,225: mittelstarker, positiver Zusammenhang
Alter	postoperatives Lumbo- vertebralsyndrom	r = 0,172: Relativ schwacher, positiver Zusammenhang
<i>Legende: Der Korrelationskoeffizient nach Pearson wird für metrisch skalierte Variablen verwendet, der Rangkorrelationskoeffizient nach Spearman für ordinal skalierte. Der Einfachheit halber werden hier jedoch beide gleichermaßen mit r bezeichnet.</i>		

4 Diskussion

Um die Ergebnisse zu kontextualisieren sei auf Studien verwiesen, die einen Vergleich zwischen mikrochirurgischen Operationsmethoden und den klassischen makrochirurgischen Verfahren anstellen. In keiner Studie wurde, das Outcome der Patienten betreffend, ein relevanter Unterschied festgestellt. Exemplarisch kann an dieser Stelle auf eine Studie, die im European Spine erschienen ist, verwiesen werden (Porchet 2009). Diese Studie förderte keinen Unterschied zu Tage.

Bevor die vorliegenden Ergebnisse diskutiert werden, lohnt es sich jedoch, eine weitere Studie zu präsentieren, die ähnlich wie hier eine solitäre Betrachtung des Outcome nach mikroinvasiver Bandscheibenchirurgie vorgenommen hatte:

Von Hersht (2007) erschien im Canadian journal of surgery eine nur 28 Patienten umfassende Studie. Diese beleuchtete die Frage nach der Patientenzufriedenheit unter subjektiven Kriterien: Über 90% der Befragten gaben hier eine große Zufriedenheit mit der Therapie an und würden die Behandlung auch im Falle eines Rezidivs wiederholen lassen (Hersht 2007) Systematische Studien, die das Outcome nach quantifizierbaren Kriterien erfassen, finden sich relativ selten, wie schon in der Einleitung erwähnt.

In dieser Arbeit ergab sich für die 307 erfassten Patienten im Median ein ODI von 22, was einer leichten bis mäßigen Beeinträchtigung des Alltagslebens entspricht.

47,7% (149 Patienten) fanden sich in der Gruppe mit einem ODI von 0-20% wieder (keine bis minimale Einschränkung des Alltagslebens), 31,6% (99 Patienten) in der Gruppe 20-40% (mäßige Behinderung), 13,1% (41 Patienten) in der Gruppe 40-60% (starke Behinderung), 7,0% (22 Patienten) in der Gruppe 3 (invalidisierende Behinderung) wieder und 0,6% (2 Patienten) in der Gruppe 80-100% (Bettlägerigkeit).

Der Übersichtlichkeit wegen werden die Ergebnisse in der Reihenfolge diskutiert, in der sie auch im Ergebnisteil zusammengetragen wurden.

4.1 Lokalisationsassoziationen der klinischen Symptomatik

Die Tatsache, dass bei BSV in Höhe L4/5 der Anteil von Patienten größer war, deren Schmerzen sich nicht oder nur unvollständig zurückbildeten, ist nicht weiter erstaunlich und lässt sich damit erklären, dass die Nervenwurzeln L4 und L5 die Hauptanteile der Fasern des N. ischiadicus stellen und L4 auch am N. femoralis beteiligt ist. Bei kaudaler Luxation des BSV wird auch oft der Spinalnerv S1 irritiert, der ebenfalls am N. ischiadicus beteiligt ist. Da v.a. der N. ischiadicus relevant für einen Großteil der Sensorik der unteren Extremitäten ist, ist gut erklärbar, warum eine Irritation dieser drei Nervenwurzeln die schwersten Schmerzergebnisse zur Folge hat.

Nicht ganz so schlüssig ist dagegen das Ergebnis für die Assoziation zwischen der Höhenlokalisierung des BSV und dem Auftreten von Inkontinenzsymptomatik:

Das gehäufte Auftreten von vollständiger und unvollständiger Harninkontinenz und Stuhlinkontinenz hätte man für die Höhe L5/S1 und nicht für L4/5 erwartet, da die Sphinkteren durch den N. pudendus innerviert werden, der sich aus den Fasern S2-S4 speist. Möglicherweise könnten auch hier häufige kaudale Luxationen eine Erklärung bieten.

Die Konzentration schwerwiegender Hüftbeuger-/Psoaspareesen auf die Höhen L2/3 und L3/4 ist wiederum nicht erstaunlich und erklärt sich aus der Innervation des M. psoas major durch die Fasern L1-L4 (N. femoralis), die bei BSV auf den beiden genannten Höhen am stärksten beeinträchtigt werden.

Die Assoziation der Quadrizepsparese mit den Höhen L3/4 und L4/5 lässt sich ebenfalls mit der Innervation dieses Muskels durch den N. femoralis erklären.

Interessanter sind bei dieser Untersuchung die Ergebnisse, die sich für die mediale oder laterale Lokalisation der BSV ergaben: Mehrere schwerwiegende Symptome sind eindeutig mit einer mediolateralen Lokalisation assoziiert: Hypästhesien, die sich postoperativ nicht zurückbilden, postoperatives Wurzelreizsyndrome, präoperative und postoperative Fußheberpareesen, präoperative Fußsenkerpareesen sowie präoperative Zehenheberpareesen.

Für die Pareesen zeigte sich eine Häufung bei mediolateralen und lateralen Vorfällen. Diese Assoziationen sind durch die Anatomie der Wirbelsäule und des Rückenmarks zu erklären, wie in der Einleitung ausgeführt wurde:

Bei mediolateralen und lateralen Vorfällen kommt es häufiger zu einer Affektion der Nervenwurzeln oder der abgehenden Spinalnerven, was die Häufung der Symptome erklärt.

Wichtig ist zudem die Feststellung, dass eine Claudicatio spinalis gehäuft bei bilateralen BSV auftritt. Auch dies ist anatomisch erklärbar: Eine Claudicatio spinalis tritt für gewöhnlich dann auf, wenn nicht eine oder mehrere Nervenwurzeln affektiert werden, sondern das gesamte Rückenmark von der Kompression betroffen ist. Dafür prädestinieren bilaterale Vorfälle.

4.2 Einfluss der präoperativen Anamnesedauer auf die klinische Symptomatik

Interessant ist der beobachtete inverse Zusammenhang zwischen der präoperativen Hypästhesie und der Anamnesedauer bis zur Operation. Dieses Ergebnis mag auf den ersten Blick überraschen, passt aber gut zu den anderen gefundenen Zusammenhängen zwischen Outcome, klinischer Symptomatik und Anamnesedauer. Die These, mit der diese Zusammenhänge zu erklären versucht werden können, wird auf den Seiten 81 ff. präsentiert. Hier genügt die Feststellung, dass eine schwere neurologische Ausfallsymptomatik meist mit akuten Schmerzereignissen und einem hohen pathoanatomischen Schweregrad des BSV koinzidiert.

Gut erklärbar ist an dieser Stelle der gefundene positive Zusammenhang zwischen der Anamnesedauer und der präoperativen und postoperativen Claudicatio spinalis: Letztere tritt meistens bei eher chronischen Erkrankungen der Wirbelsäule und des Spinalkanals auf und nicht bei akuten BSV, die oft sehr schnell operiert werden.

Eine chronische Einengung des Spinalkanals (oft hervorgerufen durch mehrere Bandscheibenprotrusionen) ist oft die Ursache der Claudicatio spinalis.

Viele motorische Ausfallsymptome korrelieren dagegen wiederum invers mit der Anamnesedauer, wie bei der Präsentation der Ergebnisse gezeigt wurde: Die postoperative Einschränkung des Monopeden Hüpfens, die präoperative Fußheberparese, sowie die präoperative Quadrizepsparese. Der inverse Zusammenhang zwischen dem präoperativ Immobilisationsgrad und der Anamnesedauer verweist darauf, dass BSV, die mit starker klinischer Symptomatik verbunden sind, meist akut auftreten und schneller operiert werden als chronische Leiden.

4.3 Einflussfaktoren auf den langfristigen Oswestry-Disability-Index

Eines der wichtigsten Ergebnisse der Studie ist zweifellos der Zusammenhang zwischen der Anamnesedauer und dem langfristigen ODI. Wie im Ergebnisteil bereits dargelegt wurde, ist dieser hochsignifikant und mit einem Korrelationskoeffizient von $r = 0,226$ als stark anzusehen. Zwar stört der etwas höhere mittlere Rang der Gruppe 3 (1-12 Monate) im Vergleich zur Gruppe 2 (1-4 Wochen), betrachtet man jedoch das Gesamtergebnis mit den 4 Gruppen, ist von einem kohärenten Testergebnis auszugehen.

Dieser Test zeigt ganz eindeutig, dass eine lange Wartedauer vor der Operation negative Auswirkungen auf das Outcome hat.

Interessanterweise trifft dies trotz der eben aufgezeigten inversen Zusammenhänge zwischen sensomotorischen Ausfallsymptomen und der Anamnesedauer zu.

Ersteres spricht dafür, dass durch eine lange "Einwirkzeit" der Bandscheibenvorfälle mehr dauerhafte Schäden an den Nervenwurzeln angerichtet werden. Letzteres stärkt die These, dass das Ausmaß des Schadens viel stärker von der zeitlichen Latenz abhängig ist als von der Stärke der akuten Beeinträchtigung durch den BSV.

An dieser Stelle kann auf eine Studie verwiesen werden, die im European Spine veröffentlicht wurde. Diese zeigte eine stärkere Reduktion des ODI bei Patienten, bei denen präoperativ ein hoher ODI festgestellt wurde (Sabeti 2008).

Der präoperative ODI war nicht Teil meiner Untersuchung, es ist allerdings anzunehmen, dass eine starke präoperative klinische Symptomatik auch mit einem hohen präoperativen ODI einhergeht. Die Studie von Sabeti spricht daher ebenfalls dafür, dass die Stärke der präoperativen Symptomatik keine entscheidende Determinante des langfristigen Outcome ist. Weiterhin zeigte sich, dass der postoperative ODI zwar nicht mit den unmittelbar postoperativen Schmerzen, aber mit den Schmerzen 6-8 Wochen nach der Operation zusammenhängt. Dies kann dahingehend gewertet werden, dass der unmittelbar postoperative Schmerzzustand noch stark mit der präoperativen Symptomatik zusammenhängt, während der Zustand 6-8 Wochen nach der Operation schon auf die langfristige Rückbildung der entstandenen Schäden verweist.

Als nächstes fand sich ein starker Zusammenhang zwischen der Anamnesedauer und sowohl der präoperativen als auch der postoperativen Claudicatio spinalis. Wie bereits erwähnt, korreliert die Claudicatio spinalis auch mit langer Anamnesedauer und zählt zu den

Symptomen, die auf ein chronisches Geschehen verweisen, was den starken Zusammenhang mit einem Korrelationskoeffizient von $r = 0,272$ erklären würde.

Vor diesem Hintergrund muss auch das nächste Ergebnis diskutiert werden: Das Schonhinken korreliert stark positiv mit dem ODI. Für die präoperativ Klinik zeigte sich mit einem Korrelationskoeffizient von $r = 0,254$ ein etwas schwächerer Zusammenhang als für die postoperative Symptomatik mit $r = 0,277$. Dieses Ergebnis steht allerdings nicht unbedingt im Widerspruch zu der vorhin aufgestellten Hypothese von der relativen Bedeutungslosigkeit der präoperativ klinischen Symptomatik für das Outcome: Zum einen tritt ein Schonhinken auch bei chronischen Wirbelsäulenleiden auf, zum anderen wurde nicht postuliert, dass die präoperativ Symptomatik keinen Einfluss auf den Langzeitverlauf hat, wie die folgenden Ergebnisse zeigen werden. Sie tritt in ihrer Bedeutung nur hinter die Anamnesedauer zurück. Dass sich bei der Analyse der Stand- und Gangunsicherheit ein signifikanter Zusammenhang nicht für den präoperativen, aber für den postoperativen Befund feststellen ließ, lässt zudem vermuten, dass nicht der präoperative Schweregrad der Symptome entscheidend ist, sondern das Ausmaß der Rückbildung der Beschwerden. Sich rasch und vollständig zurückbildende Beschwerden zeigen ein geringes Ausmaß von irreversiblen neuronalen Schädigungen an und prädestinieren daher für ein gutes Langzeitergebnis.

Zu den Hypästhesien und Parästhesien, die meistens akut auftreten, wurde kein Zusammenhang mit dem ODI gefunden.

Der starke Zusammenhang mit dem präoperativ Immobilisationsgrad ist gut erklärbar, da eine Immobilisation oft auf ein vielschichtiges Geschehen hinweist: Sowohl akute Schmerzen als auch chronische Wirbelsäulenerkrankungen können eine Rolle spielen.

Interessanterweise ließ sich kein signifikanter Zusammenhang zwischen dem ODI und der präoperativen Inkontinenzsymptomatik aufzeigen. Während dieses Ergebnis für die präoperative Stuhlinkontinenz eindeutig ist ($p = 0,243$), ist das Ergebnis für die präoperative Harninkontinenz mit $p = 0,066$ nur knapp als nicht signifikant zu werten.

Wegen der geringen Anzahl von Patienten mit präoperativer Harninkontinenz ($n=21$) lässt sich allerdings vermuten, dass ein größeres Patientenkollektiv an dieser Stelle ein signifikantes Ergebnis erbracht hätte.

Ganz ähnlich sieht es bei der postoperativen Inkontinenzsymptomatik aus: Mit $p = 0,053$ für die Harninkontinenz und $p = 0,057$ für die Stuhlinkontinenz sind die Ergebnisse zwar ebenfalls als nicht signifikant zu werten, allerdings lässt sich auch hier wegen der geringen

Gruppengrößen (Harninkontinenz: n =6; Stuhlinkontinenz: n =3) ein Zusammenhang erahnen, der möglicherweise bei einem größeren Patientenkollektiv mit Inkontinenzsymptomatik zu Tage getreten wäre.

Notwendigerweise bleiben bei solchen Ergebnissen Diskussionen über kausale Zusammenhänge im Bereich der Spekulation, trotzdem ist es an dieser Stelle durchaus sinnvoll, ein paar Erwägungen anzustellen: Inkontinenz tritt meist bei sehr schweren Vorfällen auf (insbesondere bei Cauda-equina-Symptomatik), die nicht nur einzelne Nervenwurzeln betreffen, sondern einen Großteil des Spinalkanals komprimieren. Es wird später noch gezeigt, dass bei nur einzelne Spinalnerven betreffenden Vorfällen die Größe und der Schweregrad kein Prädiktor für ein schlechtes Outcome sind. Dagegen ist zu vermuten, dass Kompressionen des gesamten Spinalkanals auch vermehrt irreversible Schäden hinterlassen. Das könnte einen möglicherweise existenten Zusammenhang zwischen dem Auftreten von Inkontinenz und dem ODI erklären.

Es liegen nur wenige Studien zu den Auswirkungen der Inkontinenz vor. Allerdings zeigen die wenigen Studien, die es gibt, meist eine im Schnitt gute Erholung bei Patienten mit Inkontinenzsymptomatik an. Dies zeigt sich z.B. in einer 1981 von O'Laoire veröffentlichten Studie über die Erholung bei Inkontinenzsymptomatik. Diese sollte allerdings nur vorsichtig zur Bewertung herangezogen werden, da sie nur 29 Patienten umfasst (O'Laoire 1981). Eine insgesamt gute Erholungstendenz würde auch erklären, warum ein Zusammenhang mit dem Langzeitergebnis bei postoperativ persistierender Inkontinenzsymptomatik deutlicher zu erkennen ist als bei präoperativer.

Ein ähnliches Bild wie bei anderen klinischen Symptomen fand sich auch für das Lumbovertebralsyndrom: Ein signifikanter Zusammenhang mit dem ODI ist bei postoperativen Beschwerden vorhanden, allerdings nicht bei präoperativen. Auch das ist logisch gut erklärbar und passt somit gut ins vorhin gezeichnete Bild: Eine starkes klinisches Beschwerdebild scheint nicht notwendigerweise mit einem schlechten langfristigen Ergebnis zu koinzidieren, wohl aber eine unvollständige Rückbildung der Beschwerden nach der Operation.

Dementsprechend konnten Paresen auch nicht als eindeutiger Prädiktor für ein langfristig schlechtes Ergebnis ausgemacht werden: Die wichtigsten und häufigsten Paresen (Fußheberparese, Fußsenkerparese, Zehenheberparese) korrelierten überhaupt nicht mit dem ODI. Der gefundene Zusammenhang mit der Quadrizepsparese ist schwach und in sich nicht kohärent, sodass über eine mögliche Kausalität auch nicht spekuliert werden muss.

Für die These, dass das präoperative Ausmaß der Paresen nicht entscheidend ist, spricht ebenfalls das Ergebnis einer 2002 von Postacchini veröffentlichten Studie: Diese ergab, dass sich vor allem leichtere Paresen (und diese stellen auch die Mehrheit der betroffenen Patienten in meiner Studie) in der Mehrzahl der Fälle sehr gut zurückbildeten: Von den 116 untersuchten Patienten bildeten sich bei 76% die Paresen komplett zurück, selbst bei schweren Paresen (Kraftgrad 0-2) erhielten 61% der Betroffenen wieder ihre volle Muskelkraft zurück (Postaccini 2002).

An dieser Stelle sollte allerdings erwähnt werden, dass eine Korrelation zwischen dem ODI und dem präoperativen Laseguezeichen (sowohl links als auch rechts) gefunden wurde. Dieser ist mit einer Korrelation von 0,125 (links), bzw. 0,94 (rechts) zwar eher schwach, aber der Mittelwertvergleich zeigte doch ein hochsignifikantes (links), bzw. signifikantes (rechts) Ergebnis. Da das Laseguezeichen ein guter objektiver Parameter für das Ausmaß der Wurzelaffektion ist, lässt sich ein gewisser Einfluss derselben auf das langfristige Ergebnis nicht abstreiten. Von dieser Annahme ausgehend, wäre ein stärkerer Zusammenhang zwischen dem ODI und dem postoperativen Laseguezeichen zu vermuten. Dass dieser nicht gefunden wurde, lässt sich aber evtl. darauf zurückführen, dass das Laseguezeichen bei den postoperativen Untersuchungen deutlich seltener eruiert und dokumentiert wurde als präoperativ. Die Gruppengröße betrug $n=102$, damit wurden nur etwa halb so viele Patienten erfasst wie präoperativ. Mit $p = 0,075$ (links) ist das postoperative Ergebnis formal betrachtet als nicht signifikant zu werten. Dieser Wert spricht allerdings nicht eindeutig für die Richtigkeit der Nullhypothese; eine Überzufälligkeit des Ergebnisses kann zumindest vermutet werden. Das Laseguezeichen als quantitatives Maß für die Wurzelreizung ist, wie später noch gezeigt wird, außerdem nicht mit dem Schweregrad der Symptomatik gleichbedeutend: Zusammenhänge zwischen der Schwere der Symptomatik und dem Laseguezeichen wurden in dieser Analyse nämlich nicht gefunden.

Nun kann auf ein Ergebnis der Studie eingegangen werden, das auf den ersten Blick überrascht: Der im Kruskal-Wallis-Rangsummentest erfasste starke inverse Zusammenhang zwischen dem pathoanatomischen Schweregrad des Vorfalls und dem ODI. Das Ergebnis ist mit $p = 0,003$ hochsignifikant und $r = -0,176$ verweist auf einen deutlichen Zusammenhang. Die Ergebnisse dieser Studie zeigen aber auch, dass der Schweregrad des Vorfalls invers mit der Anamnesedauer korreliert: Mit $p < 0,001$ und $r = -0,275$ ist auch dieser Zusammenhang eindeutig hochsignifikant und stark.

Wie anfangs gezeigt wurde, korreliert die Anamnesedauer wiederum sehr stark mit dem ODI. Auf den ersten Blick könnte man nun annehmen, dass das tendenziell bessere Langzeitergebnis bei schwereren Bandscheibenvorfällen mit der kürzeren Anamnesedauer bis zur Operation und den damit verhinderten neurologischen Dauerschäden zu erklären ist. Die inverse Korrelation blieb allerdings auch dann bestehen, wenn man mittels der partiellen Korrelation den Einfluss der Anamnesedauer ausschließt. Der pathoanatomische Schweregrad steht auch ohne die Mittlervariable Anamnesedauer in einem inversen Zusammenhang mit dem langfristigen ODI; mit $r = -0,205$ ist dieser Zusammenhang sogar stärker als ohne die Eliminierung der Anamnesedauer als Mittlervariable. Dies ist möglicherweise dadurch zu erklären, dass leichtere Vorfälle (Protrusionen) erst nach längerer Existenz überhaupt Beschwerden verursachen oder leichtere Beschwerden nicht als Symptom eines Bandscheibenvorfalles erkannt werden. In beiden Fällen würde die Anamnesedauer fälschlich als zu kurz erfasst werden. Die neuronalen Schäden sind jedoch dann möglicherweise schon angerichtet.

Dafür spricht auch der nächste Befund: Ein hochsignifikanter Zusammenhang besteht zwischen Spinalkanalstenosen und dem ODI. Erstere treten gehäuft als Folge (oft mehrerer) Bandscheibenprotrusionen auf, die das Rückenmark chronisch schädigen. Beim Vergleich der vier Schweregrade in Bezug auf den ODI schnitt die Gruppe mit Bandscheibenprotrusionen (Schweregrad 1) im Kruskal-Wallis-Test mit Abstand am schlechtesten ab, während sich die anderen 3 Gruppen nicht mehr so stark unterscheiden. Auch knöcherne Einengungen des Spinalkanals, die nicht ohne weiteres operativ zu beseitigen sind, kommen öfters vor.

Während bezüglich der Facettengelenksarthrose und der Spondylarthrose kein signifikanter Zusammenhang zum ODI gefunden wurde, zeigte sich ein stark negativer Einfluss auf das Langzeitergebnis, wenn zusätzlich zum BSV noch eine Spondylolisthesis vorhanden war. An dieser Stelle kann auf eine von Shen (2007) erschienene Studie verwiesen werden, die den Zusammenhang zwischen dem Vorhandensein von Retrolisthesis und der präoperativen klinischen Symptomatik untersucht: Hier zeigte sich, dass eine zusätzlich zum BSV vorhandene Retrolisthesis zwar keinen verstärkten Rückenschmerz und keine zusätzlichen motorischen Einschränkungen verursacht, aber zusätzliche Beinschmerzen (Shen 2007).

Eindeutig negativ auf das Langzeitergebnis wirken sich auch Rezidivvorfälle aus. Allerdings verschwand dieser Zusammenhang bei der Berücksichtigung der Anamnesedauer. Dies ist möglicherweise dadurch zu erklären, dass die Anamnesedauer mehrfach operierter oder anderweitig behandelter Patienten nicht ohne Weiteres genau zu erheben war: Meistens fanden sich in den Akten nur Hinweise darauf, wie lange das Geschehen bereits insgesamt vor der letzten Operation war; die Anamnesedauer könnte damit bei den Patienten mit Rezidiven fälschlicherweise als zu lang beurteilt worden sein.

An dieser Stelle kann außerdem darauf verwiesen werden, dass eine intraoperativ festgestellte Vernarbung sich ebenfalls mit einem hochsignifikanten Ergebnis stark negativ auf den ODI auswirkt. Eine Vernarbung findet sich meistens nach bereits stattgefundenen Operationen.

Ein weiterer Aspekt ist die Unterscheidung verschiedener Operationsverfahren. Diese haben vermutlich eine eher geringe Aussagekraft und sollten eher in den Kontext der Erkrankungen eingeordnet werden, aus deren Grund sie angewendet wurden: So ist die Tatsache, dass Patienten, die einer Sequesterotomie unterzogen wurden, im Schnitt ein besseres Outcome aufwiesen. Dies ist dadurch am besten zu erklären, dass Patienten mit einem sequestrierten Vorfall ohnehin günstigere Ergebnisse aufwiesen. (Siehe dazu die Ausführungen zum pathoanatomischen Schweregrad/ODI).

Analog dazu ist das schlechte Outcome bei Patienten, die einer Dekompression des Spinalkanals unterzogen wurden, gut damit zu erklären, dass das Vorhandensein einer Stenose des Spinalkanals ein Prädiktor für ein schlechtes Outcome ist.

Ähnlich ist auch das ungünstige Ergebnis für Patienten mit PLIF und TLIF zu werten: Diese Operationen kommen meist als letztes Mittel bei schweren, fortgeschrittenen Wirbelsäulenerkrankungen zum Einsatz, die dann wiederum mit einem ungünstigen Langzeitverlauf assoziiert sind.

Als nächstes wird auf die OP-Komplikationen näher eingegangen: Zwar zeigte sich im Kruskal-Wallis-Test bei Wundinfektionen und Duraverletzungen ein schlechteres Outcome, jedoch ist dieses Ergebnis wegen der geringen Patientenzahl (Wundinfektion: n=5; Duraverletzung: n=7) kaum verwertbar. Über einen möglichen starken Zusammenhang, der sich eventuell ergäbe, wenn mehr betroffene Patienten mit einbezogen würden, lässt sich bestenfalls spekulieren. Andere Studien zu postoperativen Wundinfektionen gibt es insgesamt selten und umfassen meistens auch nur sehr wenige Patienten, wie zum Beispiel von Zhong (2006); ihre Aussagekraft ist daher nur unwesentlich höher. Sie zeigten aber eine gute

Therapierbarkeit von Wundinfektionen und sprechen gegen dauerhafte starke negative Auswirkungen (Zhong 2006).

Aus denselben Gründen hat auch das Ergebnis für die Duraverletzungen genauso wenig Aussagekraft.

Anschließend wurden die Auswirkungen von Alter und Geschlecht untersucht. Dass in keinem von beiden Fällen ein signifikanter Zusammenhang gefunden werden konnte, muss angesichts großer Patientenkollektive durchaus ernst genommen werden. Andere Studien, die sich mit den Prognosefaktoren befassten, fanden ebenfalls keine signifikanten Unterschiede bezüglich des Geschlechts. Allerdings wurde (anders als in meiner Studie) öfters eine deutliche Korrelation zwischen dem Patientenalter und einem ungünstigen Langzeitergebnis nachgewiesen. Ein gutes Beispiel hierfür ist eine von Sinigaglia (2009) im European spine erschienene Studie, die 62 Patienten umfasst (Sinigaglia 2009). Da in meiner Untersuchung mit einem p-Wert von 0,067 und einer Korrelation von $r = 0,15$ die Ablehnung der Alternativhypothese (Zusammenhang zwischen Alter und ODI vorhanden) relativ knapp ausfällt, sollten diese Ergebnisse nicht als diametraler Widerspruch aufgefasst werden.

4.4 Auswirkungen des pathoanatomischen Schweregrades auf die klinischen Befunde

Den Einfluss der Anamnesedauer und die Auswirkungen auf den ODI wurden im letzten Abschnitt bereits ausführlich diskutiert und müssen daher an dieser Stelle nicht wiederholt werden.

Bezeichnenderweise korreliert der Schweregrad nur sehr spärlich mit klinischen Befunden: Lediglich für die präoperative Hypästhesie fand sich ein signifikanter Zusammenhang, der unter Berücksichtigung der Anamnesedauer allerdings deutlich kleiner wurde. Dieser Befund stützt die These, dass der pathoanatomische Schweregrad für sich genommen kaum Auswirkungen auf die Klinik hat. Eher ist dies so zu interpretieren, dass die kurze Anamnesedauer kennzeichnend für stark symptomatische Vorfälle mit akuten neurologischen Ausfallsymptomen ist, die dann meistens schnell operiert werden. Dass der Zusammenhang mit der Hypästhesie sich postoperativ nicht mehr nachweisen lässt, spricht ebenfalls für folgende These: Entscheidend für den Langzeitverlauf ist die schnelle Rückbildung der Symptomatik und nicht das Ausmaß ihrer präoperativen Ausprägung. Auf das Ausmaß der

Symptomatik scheint der Schweregrad ohnehin eine sehr begrenzte Auswirkung zu haben, auf deren Rückbildung hat er offensichtlich gar keinen Einfluss.

Zu der motorischen Ausfallsymptomatik fand sich überhaupt keine positive Assoziation. Die Claudicatio spinalis korreliert sogar stark invers mit dem pathoanatomischen Schweregrad ($p < 0,001$; präoperativ: $r = -0,309$; postoperativ: $r = -0,292$). Interessanterweise kehrten sich diese Zusammenhänge allerdings um, wenn die Anamnesedauer mit berücksichtigt wurde. Mit einer Korrelation von 0,150 für die präoperative Claudicatio spinalis und 0,157 für die postoperative Claudicatio spinalis waren diese nun positiven Zusammenhänge dann auch wieder statistisch signifikant. Dies ist allerdings gut dadurch zu erklären, dass die Claudicatio spinalis, wie bereits ausgeführt, ein klassisches Symptom chronischer Wirbelsäulenleiden, vor allem der Spinalkanalstenose, ist und aus diesem Grund vor allem bei langer präoperativer Anamnesedauer auftritt.

An dieser Stelle bedarf es allerdings einer Erklärung, warum der pathoanatomische Schweregrad unter Ausschaltung der Anamnesedauer als Mittlervariable zwar invers mit dem Langzeit-ODI korreliert aber trotzdem positiv mit der Entwicklung einer Claudicatio spinalis. Es ist zu vermuten, dass zwar v.a. bei kleineren Protrusionen der unbemerkt entstehende und deswegen wenig Schmerzen verursachende neurologische Schaden zwar für ein schlechtes Langzeitergebnis prädestiniert (wie in Kap.4.3 ausgeführt), aber für die Entwicklung einer hochgradigen Stenose mit Claudicatio spinalis eher größere Vorfälle mit Prolaps oder Sequestrierung begünstigend wirken.

Eindeutig ist aber, dass im Hinblick auf die Entwicklung einer Claudicatio spinalis die Anamnesedauer als Prädiktor wesentlich bedeutender ist als der pathoanatomische Schweregrad des BSV.

4.5 Auswirkungen der Größe des Vorfalls auf die klinischen Befunde

Ganz ähnlich wie beim pathoanatomischen Schweregrad finden sich auch hier nur sehr spärliche Zusammenhänge zur klinischen Symptomatik: Lediglich ein Zusammenhang mit der Einschränkung des Fersengangs konnte nachgewiesen werden. Dieses Ergebnis kann dahingehend gewertet werden, dass die Größe des BSV eine untergeordnete Rolle spielt,

weil es für die Ausprägung der Symptomatik viel entscheidender ist, ob Nervenwurzeln affektiert wurden oder nicht.

Ein Zusammenhang mit der Inkontinenzsymptomatik wurde im Vorfeld allerdings schon postuliert, da diese häufig bei starken Einengungen der Cauda equina durch große BSV auftritt. Bestätigt werden konnte auch dieser nur für die postoperative Stuhlinkontinenz und den Querdurchmesser. Hier muss die schon mehrfach erwähnte Problematik berücksichtigt werden, dass nur sehr wenige Patienten eine Inkontinenzsymptomatik aufweisen und kausale Zusammenhänge daher selten zu signifikanten Ergebnissen führen.

4.6 Auswirkungen zusätzlicher ossärer Veränderungen auf die klinischen Befunde

Interessant ist der starke und hochsignifikante inverse Zusammenhang zwischen Spinalkanalstenosen und Hypästhesien. Dieses Ergebnis lässt sich einerseits dadurch erklären, dass Spinalkanalstenosen (wie bereits dargestellt) meist ein chronisches Geschehen anzeigen, während Hypästhesien meistens bei akuten BSV auftreten und andererseits eher durch Affektionen der Nervenwurzeln als durch die Kompression des gesamten Spinalkanals zu Stande kommen.

Die Claudicatio spinalis wird als das Leitsymptom der Spinalkanalstenose angesehen. Dementsprechend ist der gefundene starke Zusammenhang sowohl mit der präoperativ als auch mit der postoperativen Claudicatio spinalis nicht überraschend.

Ebenso wenig überraschend ist die positive Assoziation von Spinalkanalstenosen mit dem präoperativen Immobilisationsgrad. Dass vor allem chronische Beschwerden dauerhaft immobilisierend wirken, wurde bereits mehrfach ausgeführt.

Weiterhin sind die Assoziationen anderer degenerativer Erkrankungen zu beachten: Während für die Spondylarthrose und die Spondylolisthesis keine signifikanten Zusammenhänge mit klinischen Symptomen gefunden wurden, wirkte sich das Vorhandensein einer Facettengelenksarthrose mit einem deutlich signifikantem Ergebnis auf den postoperativen Schmerzbefund aus.

Eine 2009 erschienene Studie untersucht den Zusammenhang zwischen radiologischen Befunden und Rückenschmerzen: Zwar behandelte diese Studie nicht explizit Patienten, die schon mindestens einmal wegen eines BSV operiert worden waren, sondern analysiert

stattdessen die Durchschnittsbevölkerung. Es ist jedoch durchaus anzunehmen, dass die gefundenen Zusammenhänge auch bei Patienten mit einem operationsbedürftigen BSV vorhanden sind. Zuerst einmal gilt die Feststellung, dass radiologisch diagnostizierte degenerative Bandscheibenveränderungen und Facettengelenksarthrosen bei einem Großteil der (symptomfreien) Normalbevölkerung vorhanden sind. Daher ist es nicht erstaunlich, dass das alleinige Vorhandensein dieser degenerativen Veränderungen (nach dem 0/1-Prinzip) nicht mit einer höheren Rate an chronischen Rückenschmerzen assoziiert ist. Wie allerdings die Studie von Hicks auch zeigt, korreliert das Ausmaß der radiologischen Veränderungen sowohl für chronische Bandscheibenschäden als auch für die Facettengelenksarthrose signifikant mit dem Ausmaß chronischer Rückenschmerzen (Hicks 2009).

Die Tatsache, dass in meiner Studie die Spondylarthrose und die Spondylolisthesis keinen Zusammenhang mit der Symptomatik zeigen, passt zu den Ergebnissen der eben zitierten Studie, die gefundene Assoziation zwischen der Facettengelenksarthrose und der postoperativen Schmerzsymptomatik jedoch scheinbar nicht. Es ist jedoch möglich, dass sich degenerative Erkrankungen bei Patienten, die zusätzlich einen manifesten, operationsbedürftigen BSV haben, stärker auswirken und somit die postoperative Schmerzsymptomatik beeinflussen.

4.7 Wechselwirkungen klinischer Symptome untereinander

Vor der Diskussion der folgenden Ergebnisse lässt sich festhalten, dass die Wechselwirkungen klinischer Symptome auf eine triviale Ursache zurückzuführen sind: Verschiedenartige neurologische Ausfallsymptome sind jeweils Effekt derselben neuronalen Affektion. Die Zusammenhänge sind daher nicht überraschend; trotzdem werden die wichtigsten kurz ausgeführt:

Die postoperative Schmerzsymptomatik zeigt einen starken Zusammenhang mit dem postoperativen Schonhinken. Da das Schonhinken im Wesentlichen durch Schmerzen verursacht wird, koinzidiert ein postoperativer unvollständiger Rückgang der Schmerzen mit einem unvollständigen Rückgang des Schonhinkens.

Wesentlich mehr Zusammenhänge fanden sich für die 6-8 Wochen nach der Operation eruierten Schmerzen:

Die postoperative Stand- und Gangunsicherheit korreliert signifikant mit den Schmerzen. Nachdem der Einfluss der Variablen Anamnesedauer und ODI mittels der partiellen

Korrelation eliminiert worden war, verschwand dieser Zusammenhang allerdings wieder. Offenbar sind zwar beides Anzeichen eines dauerhaften neuronalen Schadens mit schlechter Erholungstendenz, stehen dabei aber untereinander nicht in kausalem Zusammenhang.

Hochsignifikant ist der Zusammenhang zwischen den Schmerzen und der postoperativen Inkontinenzsymptomatik: Ein unvollständige Rückbildung derselben ist ebenfalls ein Indikator für dauerhafte neurologische Schäden.

Weiterhin wurden inverse Zusammenhänge zwischen der Schmerzsymptomatik und der präoperativen Fußheberparese und der Zehenheberparese gefunden. Eine befriedigende Erklärung kann aus dem Datenmaterial nicht gegeben werden. Dass diese Zusammenhänge für postoperative Paresen nicht mehr nachweisbar sind, verweist zumindest darauf, dass zwischen Indikatoren für dauerhafte neurologische Schäden, zu denen ohne Zweifel auch postoperativ fortbestehende Paresen gezählt werden müssen, keine sich widersprechenden inversen Zusammenhänge existieren.

Ab hier sollen die untersuchten Zusammenhänge der präoperativen Hypästhesie kurz diskutiert werden: Der starke Zusammenhang zur postoperativen Hypästhesie ist eine logische Notwendigkeit und bedarf keiner weiteren Erklärung. Interessant ist dagegen der inverse Zusammenhang zur Claudicatio spinalis: Während zur präoperativen Claudicatio spinalis ein hochsignifikanter inverser Zusammenhang besteht, ließ sich zur postoperativen Claudicatio spinalis keinerlei Assoziation nachweisen. Dieses Ergebnis ist durchaus aufschlussreich und im Kontext folgender Hypothese zu interpretieren: Schmerzen können sowohl Zeichen von akutem wie auch chronischem Geschehen sein, während Hypästhesien vorwiegend bei akutem Geschehen vorkommen. Außerdem treten Hypästhesien (abgesehen vom eher seltenen Cauda-equina-Syndrom) meist bei Affektionen einzelner Nervenwurzeln und nicht bei generalisierten Stenosen des Spinalkanals auf. Dies erklärt, warum eine Koinzidenz von Schmerzen und Hypästhesien vorliegt, aber nicht von Hypästhesien und Claudicatio spinalis. Mit der postoperativen Claudicatio spinalis fand sich kein Zusammenhang für die Hypästhesie.

Die Hypästhesie korreliert noch mit mehreren anderen klinischen Symptomen: Hochsignifikant mit präoperativen Einschränkungen des Monopedalen Hüpfens, signifikant mit der präoperativen Stand- und Gangunsicherheit, hochsignifikant mit präoperativen und postoperativen Einschränkungen des Zehengangs, signifikant mit präoperativen Einschränkungen des Fersengangs, signifikant mit präoperativen Fußheberparesen,

hochsignifikant mit präoperativen Zehenheberpareesen sowie signifikant mit präoperativen Quadrizepspareesen.

Alle diese beschriebenen Zusammenhänge sind, wie eingangs erwähnt, nicht überraschend und der Tatsache geschuldet, dass sowohl die präoperative Hypästhesie als auch die mit ihr korrelierenden motorischen Ausfälle mit der akut einsetzenden Nervenwurzelaffektion im Rahmen eines BSV eine gemeinsame Ursache haben.

Daher ist es auch gut erklärbar, dass die gefundenen Zusammenhänge für die äquivalenten postoperativen Symptome meist nicht mehr nachweisbar sind: Die insgesamt gute Erholungstendenz bei akut operationsbedürftigen BSV lässt den Zusammenhang mit den postoperativen Beschwerdebildern zwar nicht unbedingt verschwinden, aber insgesamt kleiner werden. Die weiterhin bestehende Assoziation zur postoperativen Einschränkung des Zehengangs sollte aus folgendem Grund nicht als Gegenbeweis angeführt werden: Bei der postulierten Erholungstendenz handelt es sich nicht um einen deterministischen Zusammenhang, sondern um eine Tendenz. Es genügt die Feststellung, dass die Mehrzahl der gefundenen Assoziationen zwischen der präoperativen Hypästhesie und anderen präoperativen Symptomen postoperativ verschwinden.

4.8 Einfluss des Alters

Ein Einfluss des Alters wurde bereits für die postoperative Schmerzsymptomatik gefunden. Der Zusammenhang ist signifikant. Da über den Einfluss des Alters auf die Verläufe von BSV bisher kaum klinische Studien existieren, können über die Ursache für dieses Ergebnis nur Vermutungen geäußert werden: Einerseits konnte, wie in Kapitel 4.3 diskutiert, kein signifikanter Einfluss des Alters auf das Langzeitergebnis nachgewiesen werden. Dass allerdings das Alter einen Einfluss auf die Schmerzsymptomatik zu haben scheint, ist möglicherweise mit einer langsameren Erholungstendenz nach der Operation bei zunehmendem Patientenalter zu erklären. Eine der wenigen Studien, die sich explizit mit dem Alter beschäftigen, zeigt zudem, dass mit dem Alter der Patienten ebenfalls degenerative Bandscheibenerkrankungen wie Spondylarthrose und Facettengelenksarthrose zunehmen (Hassett 2003). Für die Facettengelenksarthrose wurde in meiner Studie auch ein Zusammenhang mit der postoperativen Schmerzsymptomatik festgestellt, was eine mögliche Erklärung wäre.

Interessanterweise konnte ein Zusammenhang zwischen dem Alter und der 6-8 Wochen nach der Operation eruierten Schmerzsymptomatik, die eher ein Prädiktor für das Langzeitergebnis ist, nicht mehr nachgewiesen werden. Dies passt zu der Tatsache, dass eine signifikante Beeinflussung des ODI durch das Patientenalter ebenfalls nicht gefunden wurde.

Auch die Assoziation mit der Claudicatio spinalis ist nicht erstaunlich, da es sich bei der chronischen Spinalkanalstenose, deren Leitsymptom die Claudicatio spinalis ist, um eine klassische degenerative Erkrankung handelt, die vor allem in höherem Lebensalter auftritt. Dazu kann auf mehrere Studien verwiesen werden, die aus anderen Fragestellungen heraus erstellt wurden. Ein weiteres Ergebnis dieser Studien war, dass das durchschnittliche Alter von Patienten, die wegen einer Spinalkanalstenose operiert wurden, relativ hoch ist. In der aufgeführten Studie liegt es bei 63 Jahren, bei anderen Studien war das Durchschnittsalter ähnlich hoch (Huber 2009).

Weiterhin besteht ein Zusammenhang mit dem postoperativen Schonhinken und zur postoperativen Stand- und Gangunsicherheit. In beiden Fällen lässt sich zum präoperativen Befund kein Zusammenhang nachweisen. Der Zusammenhang mit den postoperativen Befunden kann erneut mit einer schlechteren Regeneration nach der Operation bei alten Patienten zu erklären versucht werden. Die eben dargestellte Assoziation mit dem postoperativen Schmerzbefund würde die Ergebnisse für das Schonhinken gut erklären, da dieses im Wesentlichen auf Schmerzen zurückzuführen ist.

Zudem fand sich ein Zusammenhang zum postoperativen Lumbovertebralsyndrom, nicht jedoch zum präoperativen Lumbovertebralsyndrom. Die wenigen Studien, die es zum akuten Lumbovertebralsyndrom gibt, zeigen, dass dieses deutlich häufiger bei jüngeren Patienten auftritt (Baumgartner 1996). Da jedoch in meiner Studie für den postoperativen Befund nicht die absolute Stärke des Lumbovertebralsyndroms, sondern das Ausmaß der Rückbildung desselben eruiert wurde, zeigt das präsentierte Ergebnis wiederum eine schlechtere Regenerationstendenz bei alten Patienten an.

Des Weiteren fanden sich in meiner Untersuchung noch mehrere Assoziationen mit motorischen Ausfällen: Signifikant waren die Zusammenhänge mit postoperativen Hüftbeuger-/Psoaspareesen, präoperativen Quadrizepspareesen sowie der inverse Zusammenhang mit präoperativen Glutaeuspareesen. Hochsignifikant war der Zusammenhang mit postoperativen Quadrizepspareesen.

Insgesamt lassen sich positive Zusammenhänge zu Paresen also eher postoperativ finden, was die These von der schlechteren Regeneration bei älteren Patienten stützen würde. Angesichts der Tatsache, dass Assoziationen mit den wesentlich häufiger auftretenden Fußheberparesen, Zehenheberparesen und Fußsenkerparesen komplett fehlen, können diese Ergebnisse allerdings kaum in die eine oder andere Richtung interpretiert werden.

Auch der inverse Zusammenhang mit der präoperativ Glutaeusparesen ist unter der Berücksichtigung der Tatsache, dass im Patientenkollektiv nur die Kraftgrade 4 und 5 vorkommen, als fragwürdig anzusehen und sollte zu keiner voreiligen Schlussfolgerung verleiten.

4.9 Einfluss des Geschlechts

Bei der Analyse der geschlechtsspezifischen Unterschiede fanden sich kaum überzufällige Differenzen zwischen den Geschlechtern.

Andere Studien, die sich mit dem Zusammenhang zwischen dem Geschlecht und der Symptomatik bei BSV beschäftigt hatten, fanden ebenfalls nur geringe Unterschiede. Eine 98 Patienten umfassende Studie von Hakkinen (2007) fand heraus, dass Frauen im Schnitt präoperativ einen signifikant höheren ODI aufwiesen als Männer. Allerdings gingen der ODI sowie die Parameter für Schmerzen bei Frauen postoperativ stärker zurück, sodass im absoluten Ergebnis kein geschlechtsspezifischer Unterschied mehr zu erkennen war (Hakkinen 2007).

Der präoperative ODI wurde in meiner Studie nicht eruiert. Letzteres Ergebnis der zitierten Studie deckt sich aber durchaus mit den hier gemachten Analysen, die ebenfalls keinen Einfluss des Geschlechts auf den langfristigen ODI zeigten.

Die einzigen gefundenen Zusammenhänge sind eine häufiger bei Männern auftretende präoperative Stand- und Gangunsicherheit, sowie eine häufiger bei Frauen auftretende postoperative Hüftbeuger-/Psoasparesen. Diese Zusammenhänge sollten aber nicht dahingehend interpretiert werden, dass es eine insgesamt starke geschlechtsspezifische Divergenz der Symptomatik bei BSV gibt. Um einen kausalen Zusammenhang zwischen der Hüftbeuger-/Psoasparesen und dem Geschlecht postulieren zu können, müssten auch geschlechtsspezifische Unterschiede bei anderen und häufigeren Paresen (Fußheberparesen, Fußsenkerparesen, Zehenheberparesen ...) vorhanden sein.

Das Gleiche gilt für die häufiger bei Männern gefundene Stand- und Gangunsicherheit: Assoziationen zu anderen präoperativ Symptomen wurden nicht gefunden; das Ergebnis sollte daher nicht überinterpretiert werden.

Nach den Ergebnissen dieser Studie kann das Geschlecht nicht als entscheidender Prädiktor von klinischer Symptomatik und Langzeitverlauf angesehen werden.

4.10 Zusammenfassung

Zum Abschluss des Diskussionsteils werden die zentralen Thesen, die nach der Auswertung der Ergebnisse aufgestellt wurden, in kompakter Form wiederholt:

Insgesamt lässt sich bei Patienten, die wegen eines BSV einer mikroinvasiven Operation unterzogen wurden, eine gute Erholungstendenz beobachten. Diese Annahme deckt sich mit den Ergebnissen anderer Studien, die eine große subjektive Zufriedenheit der Patienten hervorhoben.

Eine lange präoperative Anamnesedauer ist ein entscheidender negativer Prädiktor für das langfristige Outcome der Patienten.

Akute sensorische und motorische Ausfälle sind eher Zeichen eines akuten BSV, während die Claudicatio spinalis und zum Teil auch das Schonhinken bei chronischer Spinalkanalstenose auftreten.

Die Stärke der präoperativen Symptomatik wirkte sich nur geringfügig auf das Langzeitergebnis aus. Einen größeren Einfluss hatte bei allen erhobenen Parametern das Ausmaß ihrer Rückbildung nach der Operation.

Zusätzliche chronisch degenerative Erkrankungen der Wirbelsäule, vor allem Spinalkanalstenosen und Spondylolisthesis, wirkten sich stark negativ auf das langfristige Outcome aus.

Die Größe des BSV, das Alter und das Geschlecht hatten eine vergleichsweise geringe Auswirkung auf das langfristige Outcome.

5 Literaturverzeichnis

- Baumgartner H (1996): Kreuzschmerzen im Alter.
In: Praxis (Bern 1994) 85 (43), S.1347–1353.
- Beiner JM; Grauer J; Kwon BK; Vaccaro AR (2003): Postoperative wound infections of the spine. In: Neurosurg Focus 15 (3), S. E14.
- Berchtold, Rudolf; Bruch, Hans-Peter (2008): Chirurgie. 6., aktualisierte und überarb. Aufl. /. München [etc.]: Urban & Fischer, S.1150-1154
- Hakkinen A; Kautiainen H; Jarvenpaa S; Arkela-Kautiainen M; Ylinen J (2007): Changes in the total Oswestry Index and its ten items in females and males pre- and post-surgery for lumbar disc herniation: a 1-year follow-up. In: Eur Spine J 16 (3), S. 347–352.
- Hassett G; Hart DJ; Manek NJ; Doyle DV; Spector TD (2003): Risk factors for progression of lumbar spine disc degeneration: the Chingford Study.
In: Arthritis Rheum 48 (11), S. 3112–3117.
- Hersht M; Massicotte EM; Bernstein M (2007): Patient satisfaction with outpatient lumbar microsurgical discectomy: a qualitative study. In: Can J Surg 50 (6), S.445–449.
- Hicks GE; Morone N; Weiner DK (2009): Degenerative lumbar disc and facet disease in older adults: prevalence and clinical correlates.
In: Spine (Phila Pa 1976) 34 (12), S. 1301–1306.
- Huber JF; Dabis E; Huesler J; Ruflin GB (2009): Symptom assessment in lumbar stenosis/spondylolysis - patient questionnaire versus physician chart.
In: Swiss Med Wkly 139 (41-42), S. 610–614.
- Jhala A; Mistry M (2010): Endoscopic lumbar discectomy: Experience of first 100 cases.
In: Indian J Orthop 44 (2), S.184–190.
- Krämer, Robert (2005): Mikrochirurgie der Wirbelsäule. Lumbaler Bandscheibenvorfall und Spinalkanalstenose: Indikation, Technik, Nachbehandlung.
Stuttgart: Thieme, S.1-4, 63-64, 54-58
- Moskopp, Dag, Wassmann, Hansdetlef (2005): Neurochirurgie. Handbuch für die Weiterbildung und interdisziplinäres Nachschlagewerk; mit 206 Tabellen. Stuttgart [u.a.]: Schattauer. S.585-586, 590-596
- O'Laoire SA; Crockard HA; Thomas DG (1981): Prognosis for sphincter recovery after operation for cauda equina compression ODing to lumbar disc prolapse.
In: Br Med J (Clin Res Ed) 282 (6279), S. 1852–1854.
- Peul WC; van den Hout WB; Brand R; Thomeer RT; Koes BW (2008): Prolonged conservative care versus early surgery in patients with sciatica caused by lumbar disc herniation: two year results of a randomised controlled trial.
In: BMJ 336 (7657), S. 1355–1358.
- Porchet F; Bartanusz V; Kleinstueck FS; Lattig F; Jeszenszky D; Grob D; Mannion AF (2009): Microdiscectomy compared with standard discectomy: an old problem revisited with new outcome measures within the framework of a spine surgical registry.
In: Eur Spine J 18 Suppl 3, S.360–366.

- Postacchini F; Giannicola G; Cinotti G (2002): Recovery of motor deficits after microdiscectomy for lumbar disc herniation. In: *J Bone Joint Surg Br* 84 (7), S.1040–1045.
- Saberi, Hooshang; Isfahani, Arash Vatankhahan (2008): Higher preoperative Oswestry Disability Index is associated with better surgical outcome in upper lumbar disc herniations. In: *Eur Spine J* 17 (1), S.117–121.
- Schirmer (2005): *Neurochirurgie*. 10. Aufl.: Urban&Fischer, S.115, 123-129
- Shen M; Razi A; Lurie JD; Hanscom B; Weinstein J (2007): Retrolisthesis and lumbar disc herniation: a preoperative assessment of patient function. In: *Spine J* 7 (4), S.406–413.
- Sinigaglia R; Bundy A; Costantini S; Nena U; Finocchiaro F; Monterumici DA (2009): Comparison of single-level L4-L5 versus L5-S1 lumbar disc replacement: results and prognostic factors. In: *Eur Spine J* 18 Suppl 1, S.52–63.
- Trampisch/Windeler (2000): *Medizinische Statistik*. 2. Aufl, S.263-264
- Zhong Nan Da; Xue Xue Bao; Yi Xue; Wang XY; Hu JZ; Liu WH; Li KH (2006). In: *Ban31* (1), S.111–113.
- Weiß (2008): *Basiswissen Medizinische Statistik*, 4.Auflage, S.84-85, 88-90, 94-95, 209, 218, 231, 236-237
- Zhang YG; Sun Z; Zhang Z; Liu J; Guo X (2009): Risk factors for lumbar intervertebral disc herniation in Chinese population: a case-control study. In: *Spine (Phila Pa 1976)* 34 (25), S. E918-22.

6 Lebenslauf

Name: Burkert
Vorname: Ilja-Paul
Geburtsdatum: 26.12.1985
Geburtsort: Bonn

Schulische Laufbahn

2005: Abitur am Schlossgymnasium Düsseldorf

Zivildienst

10/2005-06/2006 Stationäre Krankenversorgung im Deutschen Diabetes Zentrum, Düsseldorf

Studium

WS 2006/2007 Beginn Studium der Humanmedizin Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf

08/2008 Erster Abschnitt der Ärztlichen Prüfung

2010 Beginn der Promotion in der Neurochirurgie des Universitätsklinikums Düsseldorf. Abgabe 02/2016

WS 2011/2012 Beginn Zweitstudium Medizinische Physik Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf

10/2014 Zweiter Abschnitt der Ärztlichen Prüfung

11/2014- 10/2015 Praktisches Jahr im Universitätsklinikum Düsseldorf
Wahlfach Pädiatrie

12/2015 Dritter Abschnitt der Ärztlichen Prüfung

01/2016 Erhalt der Approbation

7 Danksagung

Zuerst möchte ich vor allem meinem Doktorvater, Herrn Professor Dr. Hans-Jakob Steiger, für die Themenfindung und die Betreuung meiner Arbeit danken. Seine klaren Vorgaben, seine kompetente Hilfe und seine Zeit für Beratungsgespräche haben meine Studie überhaupt erst ermöglicht.

Ein sehr großer Dank für die tatkräftige Unterstützung, insbesondere beim Umgang mit Statistiken und Statistikprogrammen, gilt weiterhin Herrn Dr. Sven Eicker und Herrn Dr. Kerim Beseoglu. Herr Dr. Beseoglu leitete zahlreiche Doktorandenseminare und war damit den Promovenden eine große Hilfe.

Des Weiteren möchte ich vor allem noch Herrn Osman Auale und Herrn Dr. Igor Fischer von der EDV-Abteilung danken. Sie haben mich bei der Aquirierung der notwendigen Daten und computertechnischen Fragen immer sehr unterstützt.

Ich bedanke mich ferner bei allen MitarbeiterInnen des Neurochirurgischen Instituts des Universitätsklinikums Düsseldorf, die auf vielerlei Weise zum Gelingen meiner Arbeit beigetragen haben.

8 Eidesstattliche Versicherung

Ich versichere an Eides statt, dass die Dissertation selbstständig und ohne unzulässige fremde Hilfe erstellt worden ist und die hier vorgelegte Dissertation nicht von einer anderen Medizinischen Fakultät abgelehnt worden ist.

Düsseldorf, den 16.02.2016