



AUS DER ABTEILUNG FÜR NEUROCHIRURGIE, KLINIKUM PLAU AM SEE,

AKADEMISCHES LEHRKRANKENHAUS DER UNIVERSITÄT ROSTOCK

DIREKTOR: PROF. DR. MED. ERICH DONAUER

# **DER SUPRAARTIKULÄRE ZUGANG BEI LATERALEN BANDSCHEIBENVORFÄLLEN – THERAPIEERFOLG UND PRÄDIKTIVER WERT KLINISCHER BEFUNDE –**

INAUGURALDISSERTATION  
ZUR  
ERLANGUNG DES AKADEMISCHEN GRADES  
DOKTOR DER MEDIZIN  
UNIVERSITÄTSMEDIZIN ROSTOCK

VORGELEGT VON

VALENTIN CORNELIU VULPE / GEB. AM 17.07.1975 / IN BRASOV (RUMÄNIEN)

AUS PLAU AM SEE

ROSTOCK 01.09.2020

[https://doi.org/10.18453/rosdok\\_id00003198](https://doi.org/10.18453/rosdok_id00003198)



Dieses Werk ist lizenziert unter einer  
Creative Commons Namensnennung 4.0 International Lizenz.

**Gutachter:**

Prof. Dr. med. habil. Wolfram Mittelmeier, Universitätsmedizin Rostock, Direktor der Orthopädischen Klinik und Poliklinik

Prof. Dr. med. Jörg Flitsch, UKE Hamburg, Kopf- und Neurozentrum des Universitätsklinikum Hamburg Eppendorf, Stellvertretender Klinikdirektor

Prof. Dr. med. Erich Donauer, Klinikum Plau am See, Ärztlicher Direktor, Ltd. Chefarzt der Klinik für Neurochirurgie/Stereotaxie und der Klinik für Frührehabilitation und Querschnittbehandlung

**Jahr der Einreichung:** 2020

**Jahr der Verteidigung:** 2021

## Inhaltsverzeichnis

<b>I.</b>	<b>EINLEITUNG .....</b>	<b>1</b>
1.1	BESCHREIBUNG DES KRANKHEITSBILDES .....	2
1.1.1	DEFINITION .....	2
1.1.2	HÄUFIGKEIT UND HÖHENVERTEILUNG: .....	4
1.2	PATHOPHYSIOLOGIE DES (LATERALEN) BANDSCHEIBENVORFALLS:.....	4
1.3	KLINIK DES LATERALEN BANDSCHEIBENVORFALLS: .....	6
1.3.1	DER RÜCKENSCHMERZ: .....	8
1.3.2	DER RADIKULÄRE SCHMERZ:.....	8
1.3.3	SENSOMOTORISCHE DEFIZITE:.....	11
1.3.4	MUSKELEIGENEREFLEXE:.....	11
1.4	BILDGEBENDE DIAGNOSTIK:.....	12
1.5	DER SUPRAARTIKULÄRE ZUGANG:.....	15
1.5.1	LAGERUNG:.....	15
1.5.2	HÖHENLOKALISATION MIT NADELPROJEKTION:.....	15
1.5.3	HAUTSCHNITT: .....	16
1.5.4	CHIRURGISCH RELEVANTE ASPEKTE DER IVF: .....	18
1.5.5	ANATOMISCHER INHALT DER IVF: .....	19
1.5.6	ERREICHEN DES INTRA-EXTRAFORAMINAL RAUMS:.....	21
1.5.7	SITUSKONTROLLE UND WUNDVERSCHLUSS:.....	25
1.6	SEKUNDÄRE LUMBALE INSTABILITÄT:.....	25
1.7	FRAGESTELLUNG: .....	27
<b>II.</b>	<b>HAUPTTEIL .....</b>	<b>29</b>
2.1	MATERIAL UND METHODEN: .....	29
2.2	VAS SCHMERZ SKALA: .....	31
2.3	OSWESTRY DISABILITY SCALE (ODI): .....	32
2.4	„PASSIVE LUMBAR EXTENSION TEST“(PLE): .....	34

2.5	EINTEILUNG DES GESAMTKOLLEKTIVS IN GRUPPEN: .....	34
2.6	STATISTISCHE ERFASSUNG UND AUSWERTUNG: .....	35
2.7	STATISTISCHE METHODEN:.....	35
2.8	ERGEBNISSE:.....	36
2.8.1	PRÄOPERATIVE DATEN: .....	36
2.8.2	OPERATION:.....	42
2.8.3	OUTCOME ANALYSE:.....	44
2.9	VAS-ANALYSE:.....	52
2.10	ODI-SCORE:.....	56
2.11	DER PLE TEST. ....	58
2.12	DAUER DER ARBEITSUNFÄHIGKEIT: .....	60
2.13	BERUFLICHE WIEDEREINGLIEDERUNG:.....	62
2.14	PRÄDIKTIVITÄT:.....	62
2.15	DISKUSSION:.....	72
<b>III.</b>	<b>SCHLUSSTEIL .....</b>	<b>80</b>
3.1	ZUSAMMENFASSUNG:.....	80
3.2	THESEN: .....	82
<b>IV.</b>	<b>ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS .....</b>	<b>84</b>
<b>V.</b>	<b>ABBILDUNGSVERZEICHNIS .....</b>	<b>85</b>
<b>VI.</b>	<b>TABELLENVERZEICHNIS .....</b>	<b>88</b>
<b>VII.</b>	<b>LITERATURVERZEICHNIS .....</b>	<b>90</b>
<b>VIII.</b>	<b>EIDESSTATTLICHE VERSICHERUNG .....</b>	<b>97</b>
<b>IX.</b>	<b>ANLAGE.....</b>	<b>98</b>

## I. Einleitung

---

Rückenschmerzen und Schmerzen mit Ausstrahlung entsprechend des Versorgungsgebietes der betroffenen Nerven begleiten die Menschheit seit tausenden von Jahren. Hippocrates (circa 460-370 v.Chr.) war der erste, der die lumbalen Rückenschmerzen und die Ischialgie studierte und dokumentierte. Deshalb wird er auch „Father of Spinal Surgery“ genannt (1). Es dauerte aber weitere 2000 Jahre bis im Jahr 1934 Mixter und Barr die Zusammenhänge zwischen Nucleus-pulposus Hernien und ischialgiformen Beschwerden klar erkannten (2). Seitdem beginnt auch die Geschichte der operativen Behandlung des lumbalen Bandscheibenvorfalls mit dem von Love beschriebenen intralaminären, extraduralen Zugang für die Diskektomie 1938. Er beschrieb die Fensterung des Ligamentum flavum und verringerte das Ausmaß der Knochenentfernung (durch Laminektomie oder Hemilaminektomie). Bei dem heutigen Standard handelt es sich um eine modifizierte Love-Technik (3). Mit Einführen des Operationsmikroskops in den 70er Jahren beginnt die Ära der mikrochirurgischen Operation. 1977 beschreibt Yasargil in der Schweiz, Caspar in Deutschland und 1978 Williams in den USA die mikrochirurgische Diskektomie (1). Diese wurde schnell das Standardoperationsverfahren zur Behandlung der lumbalen paramediale Bandscheibenvorfälle, die mit circa 85% die häufigste Manifestation einer Nucleus pulposus Herniation darstellen. Der Rest von bis zu 12% ist unter dem Namen -lateraler Bandscheibenvorfall- bekannt. Die erste Beschreibung eines außerhalb des Spinalkanals lokalisierten lumbalen Vorfalles erfolgte an einer Leiche im Jahr 1944 von Lindblom (1). Trotzdem wurde erst 1971 über den ersten klinischen Fall berichtet und 3 Jahre später die erste Studie über laterale Bandscheibenvorfälle publiziert. Diese Verzögerung kann durch die damals mangelnden intravitalen diagnostischen Maßnahmen erklärt werden. Die Myelographie kann eine laterale Nervenkompression nicht direkt oder indirekt darstellen (1) und der Vorfall ist bei einer herkömmlichen interlaminären Fensterung nicht sichtbar. Es waren also chirurgische Wege zu suchen, die einerseits eine sichere Dekompression der Nervenwurzel in ihrem foraminalen Verlauf erlaubten, anderseits die dorsale Begrenzung des Foramen intervertebrale, das für die segmentale Stabilität wichtige Intervertebralgelenk, möglichst intakt ließen“ (4). Innerhalb weniger Jahre wurde eine Vielfalt von Techniken zur Entfernung des intra- und extraforaminalen NPP beschrieben: mediale Facettektomie, vollständige Facettektomie, extraforaminaler (extrem lateraler) Zugang, intertransversaler Zugang, trans-pars-Technik, anterolateraler-

retroperitonealer Zugang oder perkutane Techniken. Keine hat es aber geschafft, eine Standardtechnik zu werden. Eine Erklärung kann das erhöhte Risiko einer postoperativen Instabilität, andererseits die Notwendigkeit des Vertrautseins mit der komplexen Topographie des intra- und extraforaminalen Kompartiments sein, um Nervenverletzungen oder suboptimale Ergebnisse zu vermeiden. Der in dieser Arbeit vorgeschlagene mikrochirurgische supraartikuläre Zugang ist ein Versuch, anatomische Klarheit aus einer standardisierten, interlaminären Operation mit dem Erhalt der segmentalen Stabilität zu vereinigen. Die Arbeit soll prüfen, ob die vorher erwähnten theoretischen Vorteile des supraartikulären Zuganges, sich in dem klinischen Outcome der operierten Patienten widerspiegeln. Die Evaluation des Behandlungserfolges erfolgt hauptsächlich nach „patient-reported outcome measures (PROMs)“, da objektive Messgrößen oder radiologische Ergebnisse nicht immer mit dem subjektiv empfundenen Ergebnis in Korrelation stehen (5).

## 1.1 Beschreibung des Krankheitsbildes

---

### 1.1.1 Definition

---

Der laterale Bandscheibenvorfall wird in der Fachliteratur mit einer Vielfalt von Begriffen beschrieben: posterolateraler-, weit lateraler-, extrakanalikulärer-, extrem lateraler-, foraminaler- oder extraforaminaler Prolaps. Viele dieser Beschreibungen sind Synonyme und bezeichnen einen „lateral“, außerhalb des Spinalkanals liegenden Prolaps. Per definitionem wird die Bezeichnung lateral verwendet, wenn der Hauptanteil des Bandscheibenvorfalles lateral der medialen Pedikelbegrenzung liegt (6). Der so definierte laterale Bandscheibenvorfall kann entsprechend seiner extraspinalen Ausdehnung in einen intraforaminalen Anteil (wenn das Bandscheibenmaterial in den Neuroforamina liegt), in einen weit lateralen Vorfall(wenn der Prolaps extraforaminal liegt) sowie in einen intra-extraforaminalen Bandscheibenvorfall unterteilt werden (s.Abb.1).

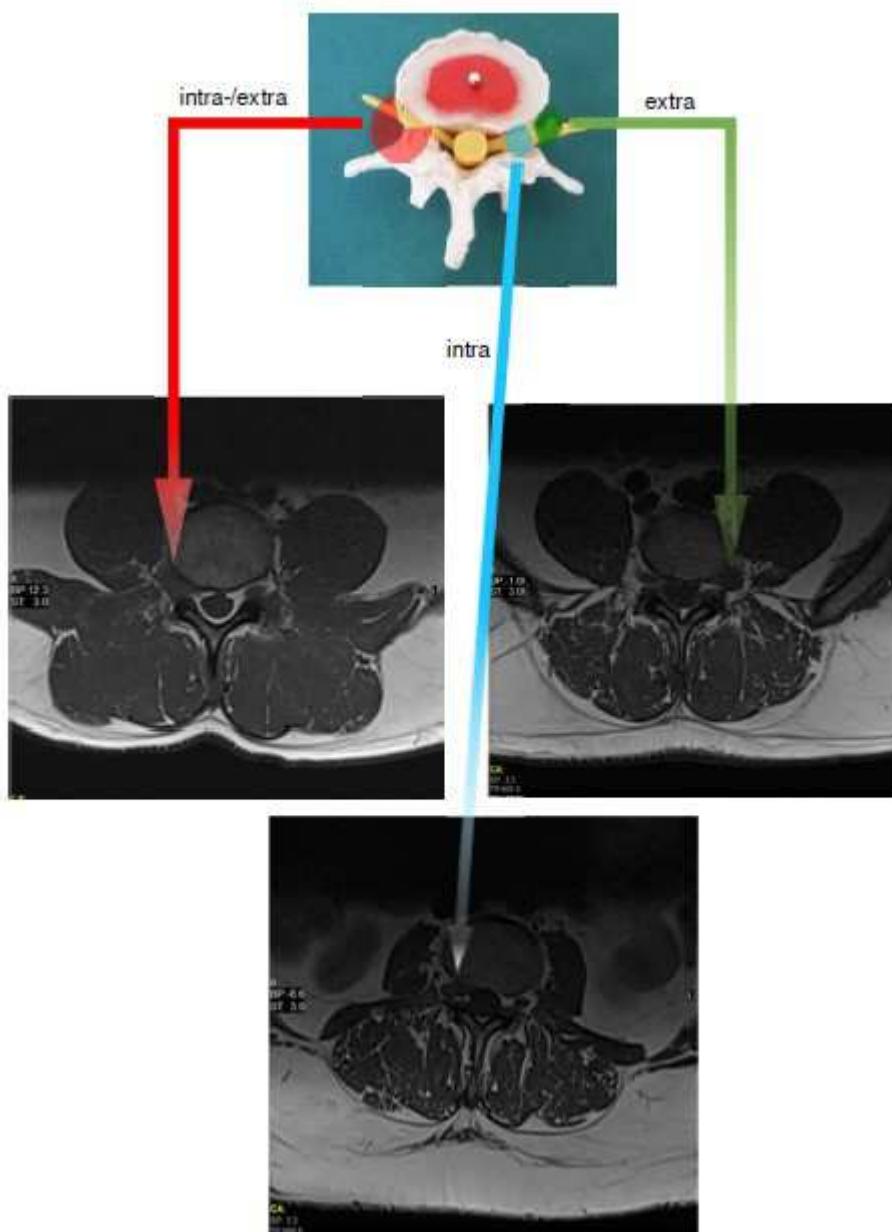


Abbildung 1. Einteilung lateraler BSV

### 1.1.2 Häufigkeit und Höhenverteilung:

---

Die laterale Diskushernie wird in der Literatur mit einer Inzidenz von 0.7-11.7% angegeben (7). Der Hauptteil der publizierten Studien, aus denen die Häufigkeit zitiert wurde, stammte aus den 80er und 90er Jahren. Hier wurden im Mittel 6-7% aller Diskushernien als lateral beschrieben. Es ist anzunehmen, dass durch Verbesserung der diagnostischen Möglichkeiten mit Einführung des MRT's (Magnetresonanztomographie) auch die Häufigkeit der gefundenen Bandscheibenvorfälle steigt. Aktuellere Daten sind leider noch nicht verfügbar. Demographisch gesehen entspricht die Geschlechtsverteilung mit 40% Frauen zu 60% Männern der der intraspinalen Diskushernie (41% Frauen und 59% Männer)(8). Auch in einer unizentrischen Langzeitstudie (1989-2008) beschrieb S.T. Theuss eine leichte männliche Dominanz (54.3%) bei dem lateralen Bandscheibenvorfall (9). In einer einzigen Arbeit von F.Porchet et al, fand sich eine Verteilung nach Geschlechtern mit 71% einer deutlichen Verschiebung zugunsten der männlichen Population (10). Das Durchschnittsalter der Patienten lag in der fünften Altersdekade (55,9 Jahren (9) bzw. 54 Jahren (8)) und war circa 10 Jahre höher als das Durchschnittsalter bei intraspinal lokalisiertem Prolaps. In mehreren Beiträgen zeigt die statistische Auswertung, dass intra-und extra-foraminale Diskushernien fünfmal (11) häufiger in den höheren LWS Segmenten auftraten (L1/2, L2/3 und L3/4) als in den unteren (L4/5 und L5/S1) (11),(12),(10; 13).

### 1.2 Pathophysiologie des (lateralen) Bandscheibenvorfalls:

---

Der lumbale Bandscheibenvorfall und Low Back Pain (LBP) sind Varianten der Bandscheibendegeneration. Um die Entstehung eines Bandscheibenvorfalls zu verstehen, muss man die Pathophysiologie der Bandscheibendegeneration besprechen. Der Begriff Bandscheibendegeneration ist anerkannt und allgemein gebräuchlich, aber eine universell akzeptierte Definition existiert nicht. Für Chirurgen und Radiologen bedeutet Degeneration die Existenz von Osteophyten und Verlust der Signalintensität des Zwischenwirbelraumes im MRT. Für einen Biochemiker ist sie Ausdruck einer Veränderung der Proteoglycane oder Wasserkonzentration der Bandscheibe. Ein Pathologe wird eine Veränderung des Kollagens mit Rissbildungen beschreiben (14). Daher ist es schwer, eine Definition fachrichtungsübergreifend zu generieren. Die Bandscheibe unterscheidet sich von anderen Bindegeweben des Körpers, da sie schon im jungen Alter degenerativen Veränderungen unterliegt. Histologische Beweise zu Durchblutungsstörungen der Wirbelkörperendplatten gibt es schon ab der 2. Lebensdekade (15). Man muss zwischen einer physiologischen Degeneration (Alterung der Bandscheibe) und einer frühzeitigen, pathologi-

schen Bandscheibendegeneration unterscheiden. Die letztere ist durch das Auftreten von proinflammatorischen Zytokinen charakterisiert. Mit Alterung der Bandscheibe entstehen Veränderungen, die die extrazelluläre Matrix, die Endplatten und Zellen betreffen. Mit zunehmenden Alter fällt die Konzentration der Zellen in der Bandscheibe ab, vor allem im Nucleus pulposus (NP). Die Erklärung dafür ist der Verlust von Telomeren (wiederholende Sequenzen am Ende der Chromosome) und dadurch schnelleres Eintreten der replikativen Seneszenz. Das Einstellen der Zellteilung ist das Ergebnis der Wechselwirkung zwischen Tumorsuppressorproteinen (p53, Retinoblastomprotein-Rb) und Zellzyklusmodulatoren (p16, p21, p53-p21-Rb-Weg) (16). Dabei weisen seneszente Zellen einen gesteigerten Katabolismus auf, an dem die Metalloproteine 13 und Aggrecanase beteiligt sind, welcher somit zu Veränderungen der extrazellulären Matrix führt (17). Die Synthese der Proteoglykane in NP nimmt ab, die Kollagenfasern Typ II des inneren Anulus fibrosus (AF) und NP werden durch Kollagenfasern Typ I ersetzt. Das führt zur Veränderung der biomechanischen Eigenschaften der Bandscheibe. Der Wassergehalt und der osmotische Druck des NP nimmt ab, dadurch wird er fester und bekommt eine gelbe Pigmentierung, was ihn weniger differenzierbar zum AF macht (15). Die pathologische Bandscheibendegeneration ist ein komplexes Zusammenspiel von Umwelt-, genetischen Faktoren und strukturellen Defekten der Bandscheibe. Diese führen zu einer verstärkten und beschleunigten katabolischen Reaktion der Bandscheibe. Während das Altern eine normale Progression des Abnutzungsprozesses mit den oben erwähnten zellulären und molekularen Veränderungen ist, stellt die pathologische Bandscheibendegeneration eine frühere Reaktion auf die von verschiedenen Faktoren wie Verletzungen, Stress und Entzündung provozierte Veränderungen dar (18).

Auf der Grundlage der verfügbaren Erkenntnisse könnte man die Bandscheibendegeneration als einen belastungsabhängigen, zellulär vermittelten molekularen Abbauprozess, der genetischen Einflüsse unterliegt, definieren. Dieser Prozess kann primär über Ernährungs- und mechanische Faktoren und sekundär über toxische oder metabolische Einflüsse beschleunigt werden (Aktivierung der stressinduzierte vorzeitige Alterung –SIPS) (s. Abb.2). Die Degeneration löst chemische Reaktionen aus. Die dadurch entstandenen Veränderungen resultieren in Veränderungen der Morphologie der Bandscheibe mit Verdickung der Endplatten, Risse in der Matrix und Delaminierung des Anulus fibrosus und beeinflussen dadurch die Biomechanik der Bandscheibe. Ein Endergebnis der Bandscheibendegeneration ist dann der Diskusprolaps (14).

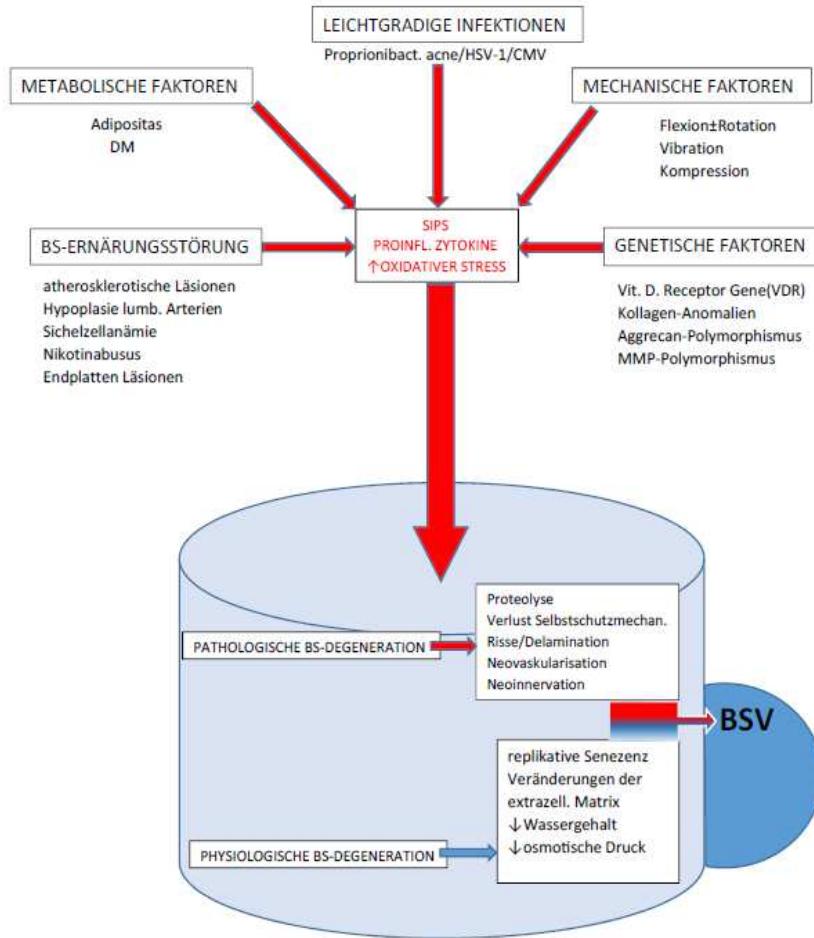


Abbildung 2. Pathophysiologie der Entstehung eines Bandscheibenvorfalls

### 1.3 Klinik des lateralen Bandscheibenvorfalls:

Kann man einen lateralen Bandscheibenvorfall bereits an seiner klinischen Manifestation erkennen? Kann man ein „laterales Bandscheibensyndrom“ definieren? Seit über 30 Jahren wird in der Fachliteratur darüber kontrovers diskutiert. Anfänglich mit hoher Intensität und Frequenz, erklärt auch durch die früher eingeschränkten bildgebenden diagnostischen Möglichkeiten. Die Mehrheit der Autoren sind sich einig, dass anhand klinischer Befunde allein die Lokalisation eines Bandscheibenvorfalls nicht sicher eruiert werden kann. Die Intention ist zu versuchen, anhand des klassischen Syndroms der akuten lumbalen Diskushernie sowie spezifischer anatomischer und pathophysiologischer Merkmale, sichere eigene reproduzierbare Parameter hin-

sichtlich des lateralen Prolapses zu identifizieren (19). Die Radikulopathie ist definiert als ein peripheres neurologisches Syndrom, das über eine mechanische oder chemische Reizung der Spinalnervenwurzeln entsteht. Die klassischen Zeichen einer Radikulopathie sind Rückenschmerzen mit radikulärer Ausstrahlung, Muskelverspannungen, Sensibilitätsstörungen und motorische Defizite. Die spinalen Nervenwurzeln stellen anatomische und funktionelle Verbindungen zwischen dem ZNS und dem PNS her. Zu Beginn der embryonalen Entwicklung haben die Wirbelsäule und das Rückenmark ungefähr die gleiche Länge (20). „Ab dem 4. Monat verlangsamt sich das Längenwachstum des Rückenmarks, während das Wachstum der Wirbelsäule unvermindert fortschreitet. Dieses allometrische Wachstum führt zur Ausbildung der Cauda equina. Da sich Wirbelsäule und Meningen rascher ausdehnen als das Rückenmark, müssen die lumbosakralen Spinalnerven innerhalb des Wirbelkanals von ihrem Rückenmarkssegment zunächst in Längsrichtung caudalwärts ziehen, bis sie das ihnen entsprechende Foramen intervertebrale (IVF) erreichen“ (21). Die lumbalen und thorakalen Nervenwurzeln verlassen die Wirbelsäule unterhalb ihres entsprechenden Wirbelkörpers. Deren Länge vom Rückenmark bis zum Neuroforamen verändert sich von etwa 60 mm in Höhe L1 auf 170 mm in Höhe S1 (20). Jeder Spinalnerv entsteht durch Vereinigung einer vorderen Wurzel (efferente, motorische Fasern) und einer hinteren Wurzel (afferente, sensible Fasern). Die Vereinigung entsteht unmittelbar distal des in der Hinterwurzel liegenden Spinalganglions. Beide Spinalnervenwurzeln und das Ganglion liegen noch intradural. Die Wurzeln durchdringen danach die Dura getrennt und bilden dann den Spinalnerv. Die Dura und die Arachnoidea gehen in das epineurale Gewebe über und der Liquorraum kommuniziert mit den perineuralen Lymphspalten. Der nun entstandene Truncus nervi spinalis liegt im Foramen intervertebrale und ist nur ein wenige (~10mm) Millimeter lang. Er teilt sich bereits am Ausgang des Zwischenwirbelloches in einen kräftigeren ventralen Ast (R. anterior), der „die Leibeswand und die Extremitäten versorgt, und einen schwächeren dorsalen Ast (R. posterior) für die autochthone Rückenmuskulatur, für Rückenhaut, Ligamente und Facettengelenke. Weitere Hauptäste sind der R. meningeus (rein sensibler Nerv) der zurück in den Wirbelkanal zieht und die Rückenmarkshäute innerviert, sowie der R. communicans albus und griseus (efferente und afferente Fasern zum sympathischen Grenzstrangganglion)“ (22-24). Klinisch relevante Konsequenzen für unsere Fragestellung ergeben sich aus der Zwischenwirbelloch-Anatomie. An der Begrenzung dieser Öffnungen beteiligen sich die Wirbelkörper, Facettengelenke mit deren Kapsel und die Bandscheiben. IVF enthält den Spinalnerv, das Spinalganglion, Bindegewebe, Fett, die Radikulararterie und –vene sowie 2-4 rekurrente meningeale Äste und wird Nervenwurzelkomplex genannt. Das normale Volu-

menverhältnis Spinalnerv-IVF liegt zwischen 1/3-1/4. Weil das Volumen des Zwischenwirbelloches von L1-L5 abnimmt, aber der Durchmesser der Nervenwurzel von L1-L5 steigt, ist die Höhe L5/S1 aus anatomischer Sicht die anfälligste, engste Stelle für eine laterale Nervenwurzelreizung und Radikulopathie (20). Degenerative Veränderungen in Bereich der Lendenwirbelsäule mit Facettengelenksarthrosen, Verkalkungen, Hypertrophie des ventralen Anteils des Lig. intertransversus können zu einer Einengung/Stenosierung des IVF führen, sodass eine Protusion oder ein kleiner Prolaps bei verringerten Reserveräumen ausreichend sein kann, um eine Radikulopathie auszulösen. Es könnte eine mögliche Erklärung sein für die in mehreren Studien beschriebene höhere Inzidenz des intra-/extraforaminalen Bandscheibenvorfalls bei älteren Patienten.

### 1.3.1 Der Rückenschmerz:

---

Foraminal und extraforaminal ist die Bandscheibe nicht mehr vom Lig. longitudinale posterior gedeckt. Das heißt ein lateraler Vorfall kann auf das innervierte hintere Längsband, keinen Druck ausüben und im Vergleich zu einem medianen, paramedianen oder posterolateralen Vorfall wenige oder nur leichte Rückenschmerzen provozieren. Das Lumbalsyndrom entsteht dann durch die Kompression der kleinen rekurrenten meningealen Nerven im medialen Abschnitt des Foramen intervertebrale. Wenn ein Lumbalsyndrom fehlt oder nur leicht ist und bei der klinischen Untersuchung keine lumbovertebralen Störungen vorliegen (schmerzfreie Flexion, normaler Fingerspitzen-Boden-Abstand Test), muss bei entsprechend heftiger radikulärer Symptomatik unbedingt differential diagnostisch auch an einem lateralens Bandscheibenvorfall gedacht werden (19).

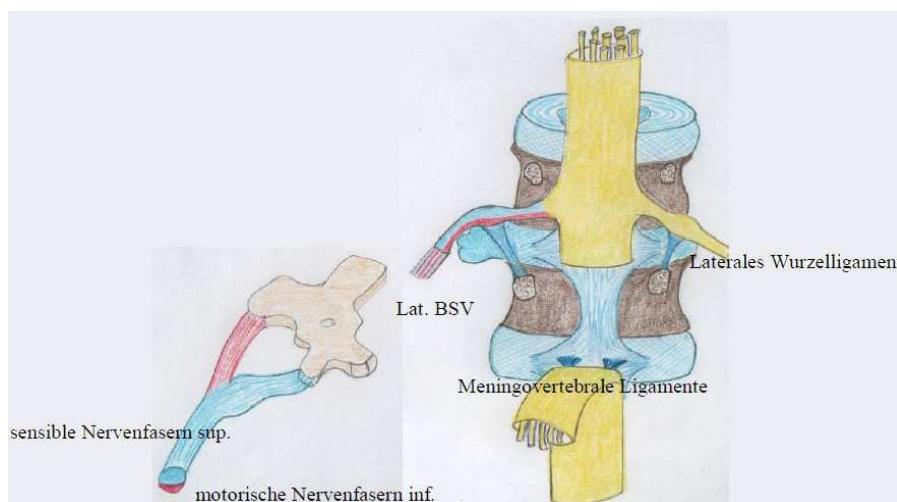
### 1.3.2 Der radikuläre Schmerz:

---

Durch anatomische und klinische Studien sowie empirische Beobachtungen wurde ein klarer Zusammenhang zwischen radikulärem Schmerz und mechanischer Kompression einer Nervenwurzel gefunden. Der genaue pathophysiologische Mechanismus ist auch heutzutage nicht komplett verstanden. Das Problem bestand zunächst darin, den scheinbar logischen Widerspruch zu klären warum die akute, isolierte Kompression einer normalen Nervenwurzel zu einer schmerzfreien Radikulopathie führt? Bereits 1958 beschrieben Smythe und Wright, in experimentellen operativen Studien, dass eine minimale Manipulation an einer Nervenwurzel schmerhaft wird besonders wenn die Nervenwurzel entzündet ist. Das Spinalganglion scheint

aber die Hauptrolle in der Entstehung eines radikulären Schmerzsyndroms zu spielen. Es ist eine für mechanische Reize hochempfindliche Struktur, die sich auch histologisch vom peripheren Nerv unterscheidet. Ein Nerv besteht ausschließlich aus Nervenfasern, wobei im Ganglion auch Nervenzellen, pseudounipolare Neurone, existieren (31; 77; 78). Das bedeutet, dass ein Bandscheibenvorfall einen akuten radikulären Schmerz auslöst, wenn das entsprechende Spinalganglion komprimiert wird. Kommt es hingegen zu einer mechanischen Deformation der Nervenwurzeln, entsteht ein radikulärer Schmerz erst nach der Auslösung einer Entzündungsreaktion. Die morphologischen und vaskulären Unterschiede machen die Nervenwurzeln empfindlicher für Entzündungsmediatoren, als einen peripheren Nerven. Die Nervenwurzeln besitzen kein richtiges Perineurium und somit keine adäquate Blut-Nerven Schranke. Das Eindringen von Mikro-, Makromolekülen und Makrophagen in die Nervenfasern und Ganglioneurone wird dadurch erleichtert (25; 26). Epidural gelegenes Bandscheibenmaterial reicht aus, um schnell ein intraneurales Ödem zu bilden mit Reduktion der intraneuralen Durchblutung und nachfolgend der Nervenleitungsgeschwindigkeit (3-24h). Neuere Studien zeigen, dass hernierte Bandscheibenzell-Metalloprotease, IL-6, Prostaglandin E2 und TNF- $\alpha$  produzieren können und darüber Veränderungen in Nervenwurzeln induzieren (25; 26). In Studien zur Lokalisation von Spinalganglien wurden die Ganglien L1-L3 extra-oder intraforaminal beschrieben, während das Ganglion L4 foraminal lag. Das L5 Ganglion findet man intraforaminal und als einziges auch intraspinal. Eine intraspinale Lage wurde mehr bei Frauen beobachtet ohne statistische Relevanz. Die Größe der Ganglien nimmt von kranial nach kaudal zu, wobei der IVF sich umgekehrt verhält (27). Demzufolge kommt es durch einen lateralen Bandscheibenvorfall wegen der geringen und geringer werdenden Reserveräume zu einer direkten Kompression des entsprechenden (mechano-empfindlichen) Spinalganglions/ Nervenwurzeleltasche, was zu einem akuten, intensiven, therapieresistenten radikulären Schmerz führt. Er wird als übertragener Schmerz definiert und entsteht durch die Konvergenz somatosensorischer Afferenzen im Rückenmark. Seine Verteilung stimmt nicht zu 100% mit dem Versorgungsgebiet der betroffenen Nervenwurzel überein. Deshalb ist es wichtig darauf hinzuweisen, dass es in der akuten Phase schwierig bis unmöglich ist, eine Differenzierung zwischen dem L4-, L5- und S1-radikulären Schmerz zu machen. Eine Dermatomzuordnung ist nur bei begleitenden Sensibilitätsstörungen möglich. Tage oder Monate später kommt es bei Läsionen der Nervenfasern zu einem peripheren Deafferierungsschmerz. Die Schmerzausstrahlung entspricht jetzt dem verletzten Wurzelsegment (79; 80; 81). Treten im Gegenteil primäre Rückenschmerzen mit sekundär radikulärer Ausstrahlung auf, muss man eine Nervenwurzelkompression vermuten, bei der der radikuläre Schmerz

erst als Folge der Inflammation entsteht. Dies tritt mehr bei paramediale Bandscheibenvorfällen auf. Im Verlauf führt die bandscheibenbedingte „Foramenstenosierung“ zu einer monoradikulären neurogenen Claudicatio mit belastungsabhängigen einseitigen Beinschmerzen. Bei Patienten mit einer lateral Herniation kann eine durch Extension oder Seitneigung induzierte Verkleinerung des IVF die ipsilateralen radikulären Schmerzen intensivieren. Der Patient wird also eine kontralaterale ischiatische Fehlhaltung einnehmen mit Neigung zur gesunden Seite (28). Der Dehnungsschmerz der spinalen Nervenwurzeln, auch als Lasègue-Test bezeichnet, entsteht durch eine distale Traktion auf den N. ischiadicus und den lumbosakralen Plexus beim Heben des im Kniegelenk gestreckten Beines. Es kommt zu einer Verschiebung der Nervenwurzeln L4, L5, S1 und S2 nach kaudal in Höhe des entsprechenden IVF. Da aber die Dura ventral an das hintere Längsband durch die meningovertebrale Ligamente und die Nervenwurzel in Foramen durch das laterale Wurzelligament fixiert ist, kommt es zu einer anterioren Kompression der Wurzel an den posterolateralen Bereich der Bandscheibe und Wirbelkörper (s. Abb.3). Eine kaudale Verschiebung der L3 Nervenwurzel entsteht durch Zug auf den N. femoralis während der Hüftüberstreckung beim gebeugten Knie (umgekehrter Lasègue Test) (29; 30). Schmerzen und Parästhesien werden oft auch als Plussymptome einer Radikulopathie bezeichnet, da sie Zeichen einer neuronalen Hyperaktivität sind. Während der radikuläre Schmerz Ausdruck einer ektopischen Aktivität (Reizung) im Spinalganglion ist, sprechen wir bei Parästhesien über eine direkte Reizung der Nervenfasern (31).



**Abbildung 3. Ligamente und nervale Strukturen**

### 1.3.3 Sensomotorische Defizite:

---

Kommt es zu einem hohen externen Druck auf die Nervenwurzel oder zu einer Destruktion der Nervenfasern als Folge des Entzündungsprozesses, so kann ein inkompletter oder kompletter Leitungsblock eintreten mit Entstehung der sogenannten Negativsymptome der Radikulopathie: Parese/Plegie und Hyp-/Anästhesie. Der getrennte Verlauf der sensiblen (oben) und motorischen (unten) Nervenfasern innerhalb der Nervenwurzel hat klinische Folgen. Der laterale Bandscheibenvorfall wird oft die Nervenwurzel von unten komprimieren und diese sogar nach kranial verlagern und führt dadurch zu einer direkten Irritation der motorischen Nervenfasern. Es ist dadurch zu erwarten, dass im Falle einer lateralen Herniation überwiegend motorische Ausfälle vorliegen (29).

### 1.3.4 Muskeleigenreflexe:

---

Eine Unterbrechung der Afferenz eines monosynaptischen Eigenreflexes ist, bedingt durch die Kompression des Spinalganglions, anzunehmen. Im Falle einer motorisch betonten Radikulopathie mit Fehlen des entsprechenden Muskeleigenreflexes sollte an die Existenz eines foraminalem Bandscheibenvorfalls gedacht werden.

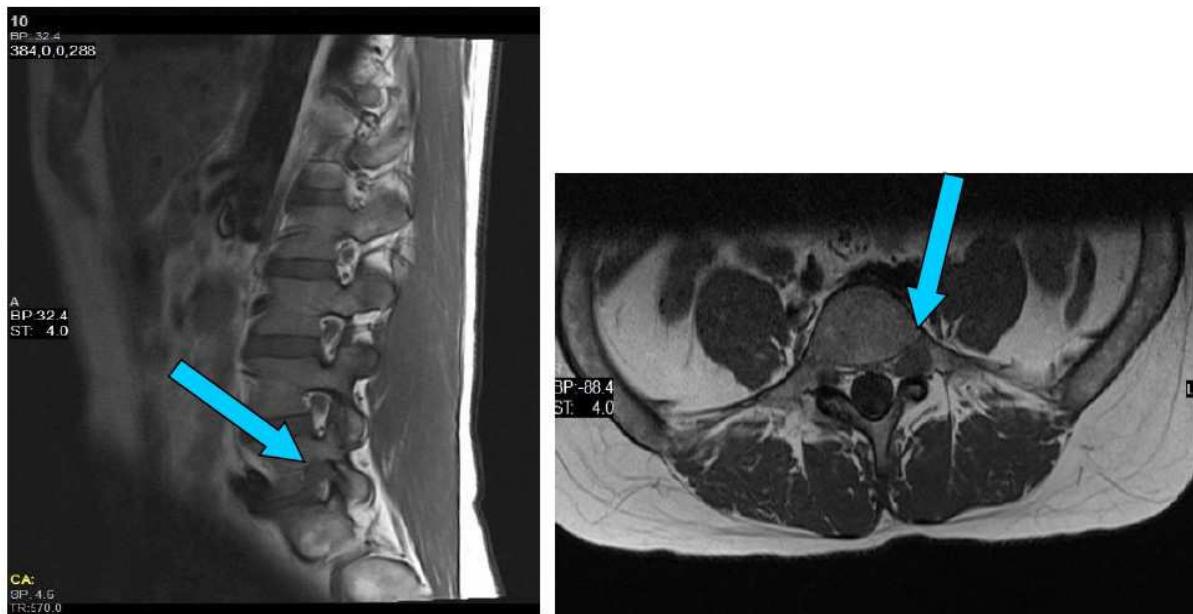
Segment/Nervenwurzel	MER	Muskel(n)
L2-L4	Adduktorenreflex	Adduktoren
L3-L4	Patellarsehnenreflex (PSR)	M. quadriceps femoris
L5	Tibialis-posterior- R. (TPR)	M. tibialis posterior
S1	Achillessehnenreflex (ASR)	M. triceps surae

**Tabelle 1. Muskeleigenreflexe der unteren Extremitäten und die entsprechend untersuchten Segmente**

## 1.4 Bildgebende Diagnostik:

Bei klinischem Verdacht auf einen lateralen Bandscheibenvorfall hat sich die MRT-Untersuchung zur führenden nichtinvasiven diagnostischen Methode entwickelt (32).

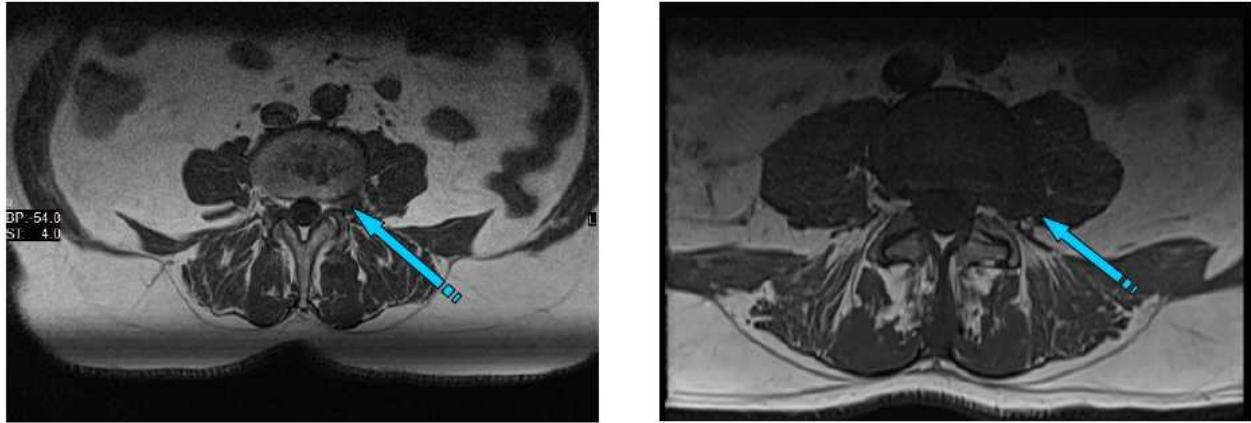
Wir verwenden in unserer Klinik als Routinesequenzen zur lumbalen Bandscheibendiagnostik sagittale und transversale T1- und T2 gewichtete Sequenzen in 4mm Schichtdicke sowie eine sagittale T2-gewichtete, fettsupprimierte Sequenz zur Beurteilung eventueller Knochenmarksveränderungen. Wichtiges Zeichen eines intra-extraforaminalen Bandscheibenvorfalls ist das Verschwinden des intraforaminalen Fettgewebes in sagittalen T1-gewichteten Aufnahmen (s. Abb.4). Oft findet sich auch eine direkte Verbindung des ausgetretenen Materials und der Bandscheibe und lässt sich eindeutig in allen sagittalen Schichten erkennen.



**Abbildung 4. MRT LWS T1 Aufnahmen-Die Pfeile zeigen die Existenz eines lateralen Bandscheibenvorfalls (sagittale und transversale Ebene)**

Es kommt oft vor, dass die sagittalen Aufnahmen nicht weit genug nach lateral reichen und dadurch der Vorfall nicht dargestellt wird. In diesem Fall helfen die transversalen (T1-gewichteten) Sequenzen. In den T1-Aufnahmen erscheint der Vorfall isointens zum Bandscheibengewebe, wobei in den T2-Sequenzen der Vorfall von hypo-, iso- bis hyperintens erscheinen kann abhängig vom Hydrationszustand (33). Bei Unklarheit sollte immer der intra- und extrafo-

raminale Raum im Vergleich zur Gegenseite beurteilt werden (s. Abb.5). Es ist mit einer deutlichen kontralateralen Asymmetrie im Falle des Vorhandenseins eines Bandscheibenvorfalls zu rechnen.



**Abbildung 5. Transversale T1 Aufnahmen:** LWS mit eindeutiger Asymmetrie links vs. rechts (Pfeile) bei lateralen BSV

Koronare Aufnahmen sind ebenfalls hilfreich in der Diagnostik des lateralen Bandscheibenvorfalls (s. Abb.6), werden aber nicht standardisiert durchgeführt (34).



**Abbildung 6. Koronare MRT Aufnahme LWS** (Pfeil zeigt den lateralen Vorfall)

Im Falle einer Kontraindikation für eine MRT Untersuchung ist die Computertomographie die diagnostische Alternative. Foraminal/extraforaminal findet man Weichteilgewebe mit bandscheibendichter Darstellung ohne eine Erweiterung des entsprechenden Neuroforamens.



**Abbildung 7. Computertomographie bei lateralen BSV** (Bandscheibengewebe ist im CT hyperdenser als die nervalen Strukturen)

Die Myelographie hat in der Diagnostik des lateralen Bandscheibenvorfalls bei einer reduzierten Empfindlichkeit von unter 13% keinen Stellenwert (35).

## 1.5 Der supraartikuläre Zugang:

---

Der supraartikuläre Zugang (SAZ) wird in unsere Klinik, wegen des geringen operativen Traumas am Intervertebralgelenk, seit mehr als 10 Jahre als Standardzugang in der Entfernung von intra- und extraforaminalen Bandscheibenvorfällen angewandt. Die Fachliteratur beschreibt eine Vielfalt von Zugangswegen zur Entfernung eines lateralen Vorfalls: Facettektomie, Hemifacettektomie, Laminektomie, Hemilaminektomie, Zugänge über die Pars interarticularis, lateraler/intertransversaler Zugang oder endoskopische Techniken, ohne über einen Goldstandard sprechen zu können (36). Der SAZ gehört aus didaktischer Sicht zu der Gruppe der Trans-pars interarticularis Zugängen. Er lehnt sich an die Phasen und die anatomische Kenntnisse der mikrochirurgischen Standardoperation des interlaminären Zuganges stark an. Es erfolgt dementsprechend eine standardmäßige Vorbereitung vergleichbar einer lumbalen Diskektomie.

### 1.5.1 Lagerung:

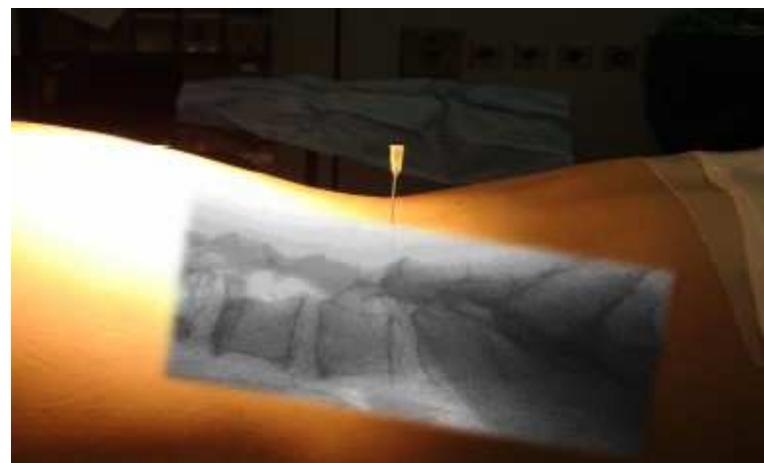
---

Die Operation findet in Vollnarkose und Bauchlage („Prone Position“) oder Mekka-Lagerung statt. Eine Entlordosierung ist zu empfehlen, um dadurch eine Erweiterung des Foramen intervertebrale zu erreichen. Ein weiteres Foramen bedeutet weniger gestaute Venen, bessere Kontrolle diffuser Blutungen, mehr Bewegungsfreiheit und reduziert den Grad der Manipulation am Spinalganglion. Zur Aufhebung der Lumballordose benutzen wir das Wilson Kissen. Bei der Lagerung muss darauf geachtet werden, dass der Rücken des Patienten im Operationsbereich parallel zum Boden und der Bauch freihängend im Lagerungskissen ausgerichtet ist, um eine Kompression und venöse Stauung zu vermeiden.

### 1.5.2 Höhenlokalisierung mit Nadelprojektion:

---

Die Nadel wird paraspinal, senkrecht zur Haut positioniert. Die Nadelspitze sollte präzise auf den oberen Rand der Bandscheibe, bzw. die Unterkante des oberen Wirbelkörpers, zeigen. Die Nadellage wird durch die seitliche Röntgenaufnahme dokumentiert (s. Abb.8). Bei der Operation ist es grundsätzlich wichtig, senkrecht auf den Rücken zu blicken, um die Präparation in Richtung Wirbelsäule entlang der markierten Ebene durchführen zu können.

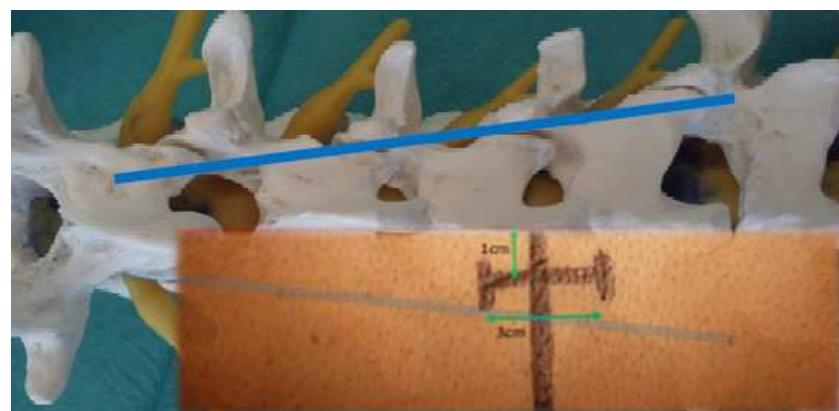


**Abbildung 8. Korrekte Höhenbestimmung präoperativ**

### 1.5.3 Hautschnitt:

---

Der ca. 3 cm lange Hautschnitt erfolgt 1-1.5 cm paramedian entsprechend der Nadelprojektion. In Höhe L5/S1 aufgrund der Zunahme der interpedikulären/interfacetären Distanz von L1-L5 sollte der Hautschnitt 2 cm paramedian liegen. Dadurch wird die Retraktion der paraspinalen Muskulatur zur Darstellung des Facettengelenkes vermindert.



**Abbildung 9. Planung Hautschnitt**

Nach Darstellung der Lumbodorsalfaszie erfolgt ihre Inzision 1.5 cm paramedian mit sekundärer Erweiterung nach cranial und caudal. Die weitere Präparation in Richtung Lendenwirbelsäule erfolgt über einen klassischen posterolateralen, möglichst atraumatischen paramuskulären Zugang (PMZ). In Höhe L4/5 und L5/S1 kann auch eine transmuskuläre Technik (TMZ) verwendet werden, unter Inkaufnahme eines größeren Muskeltraumas (s. Abb.10). Um in diesem Bereich die Facettengelenke darzustellen, muss im Falle des paramuskulären Zuganges die gesamte Muskulatur gelockert und mit Hilfe des LWS-Retraktors nach lateral verlagert werden. Es besteht dadurch das Risiko einer Überdehnung und Verletzung der Muskeln und deren versorgenden Strukturen mit postoperativer Muskelatrophie und persistierenden Rückenschmerzen. Boelerl zeigte 2002 in einer Studie über die paravertebrale Innervation, dass erst mit einer Überdehnung und Verletzung zu rechnen ist, wenn die Muskulatur weiter lateral der Facettengelenke mobilisiert wird (37-39). Dies ist aber beim supraartikulären Zugang nicht der Fall.

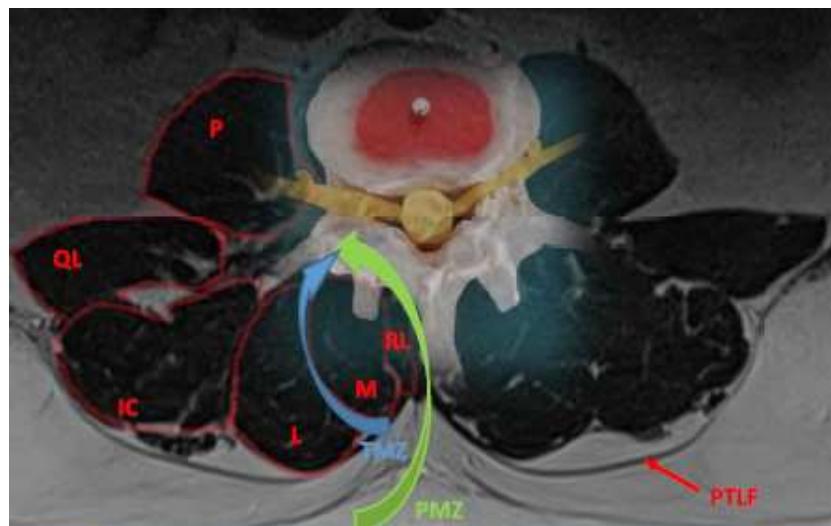
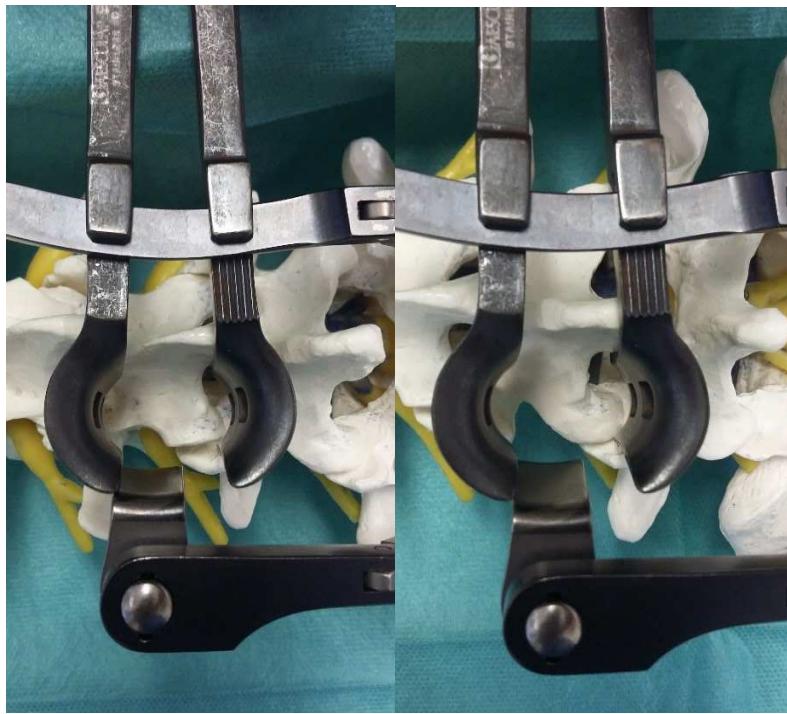


Abbildung 10. Zugang Richtung LWS über PMZ oder TMZ

Nach Erreichen der Wirbelsäule sollte das entsprechende Facettengelenk sowie das obere und untere interlaminäre Fenster dargestellt werden. Das Einsetzen des Caspar's Retraktors sollte auf das Facettengelenk zentriert sein.



**Abbildung 11. Korrekte Positionierung des Caspar-Spekulums-** zentriert auf das Facettengelenk; Ebenfalls zu erkennen sind die anatomischen Unterschiede des „lateralen“ Raums zwischen L3/4 und L4/5 (oberes und unteres Niveau -siehe Text weiter unten)

#### 1.5.4 Chirurgisch relevante Aspekte der IVF:

---

Intervertebralforamina (IVF) sind seitlich gelegene knöcherne Kanäle („Kabelschächte“) im Spinalkanal, durch die neurovaskuläre Strukturen ziehen. Sie werden als der Zwischenraum zweier benachbarter Pedikel definiert. Sagittal betrachtet haben sie die Form einer umgekehrten Birne oder eines Ohrs. Die Bogenwurzeln stellen die obere und untere Begrenzung eines IVF dar. Die Länge des Intervertebralkanals wird durch die entsprechende Dicke der Pedikel bestimmt. Die vordere Begrenzung besteht aus der Rückfläche zweier Wirbelkörper mit der dazwischen liegenden Bandscheibe und den lateralen Anteilen des Lig. longitudinale posterior. Diese Grenze erstreckt sich aber auch lateral der entsprechenden Pedikel. Dorsal begrenzen Pars interarticularis (sog. Isthmus), der laterale Rand der Lamina und des Ligamentum flavum sowie das Facettengelenk, obere und untere Gelenkfortsätze, den Intervertebralkanal. Wenn wir uns auf den kranialen (breiteren) Anteil des Intervertebralforamens (wo die Nervenwurzel/Spinalganglion lokalisiert ist) beziehen, wird er in der oberen LWS (L1-L4) dorsal von der Pars interarticularis des Wirbelbogens begrenzt aber nicht komplett verschlossen. Hier sind die Pedikel schmäler

und vertikaler ausgerichtet so dass die laterale Begrenzung der Pars interarticularis nicht oder nur minimal die mediale Begrenzung der Bogenwurzel überschreitet. Das heißt in diesem Bereich hat der intervertebrale Kanal keine oder eine inkomplette Rückwand (s. Abb. 12).

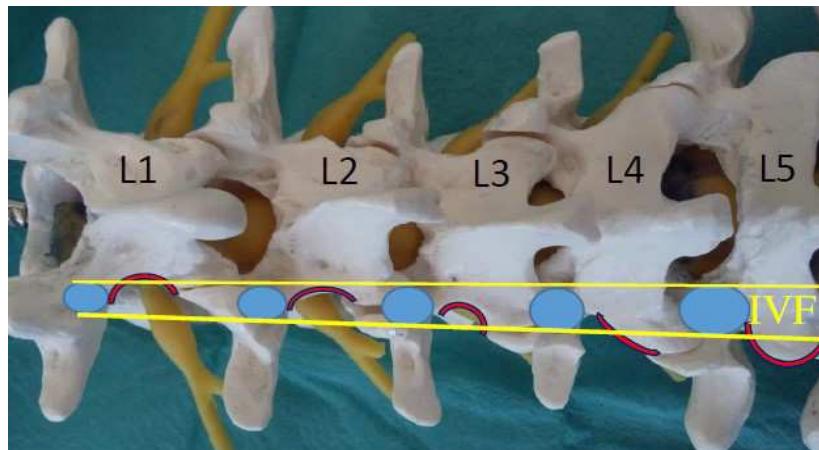


Abbildung 12. Anatomische Unterschiede des interpedunkulären Bereichs LWS

In der unteren LWS (L5, S1) haben wir dickere, schräge Pedikel mit dadurch resultierende längere interpedunkuläre Kanäle (16-25 mm). Der Wirbelbogen (Pars interarticularis) wird in diesem Bereich auch flacher und breiter. Damit kommt es zu einer kompletten Abdeckung der interpedunkulären Rückwand (40; 41).

#### 1.5.5 Anatomischer Inhalt der IVF:

---

Das IVF kann man in eine obere, subpedunkuläre und eine untere, suprapedunkuläre Zone einteilen. Die obere Zone stellt den breiteren Teil des IVF, die Ohrmuschel bzw. den abgerundeten Teil der Birne, dar und ist neurochirurgisch relevant. Hier liegt das entsprechende Spinalganglion dicht am Unterrand des oberen Pedikels. In der oberen LWS, wo der intervertebrale Kanal kurz ist (7-9 mm), reicht das Spinalganglion auch nach extraforaminal, während es in Höhe L5/S1 komplett intraforaminal liegt. Der extraforaminale Bereich ist aber weiterhin ventral von der Rückseite des Wirbelkörpers und der Bandscheibe begrenzt. Im extrem lateralnen Bereich geht das Spinalganglion in den Spinalnerv über. Dort sind diese Strukturen durch dünne Ligamente an der Bandscheibe fixiert und begrenzen dadurch deren Mobilität. Diese transforaminalen Ligamente unterteilen das Foramen in Kompartimente, die die neuralen von den vasku-

lären Strukturen trennen. Sie sind intraoperativ nicht sicher erkennbar. Nachdem der Spinalnerv/Ganglion das IVF verlassen hat, zieht er antero-lateral um die Basis des unteren Pedikels und des Processus transversus und teilt sich nachher in den vorderen und hinteren Ast. Ventral der Nervenwurzel, in der suprapedunkulären Zone, zieht die zugeordnete segmentale Spinalarterie.

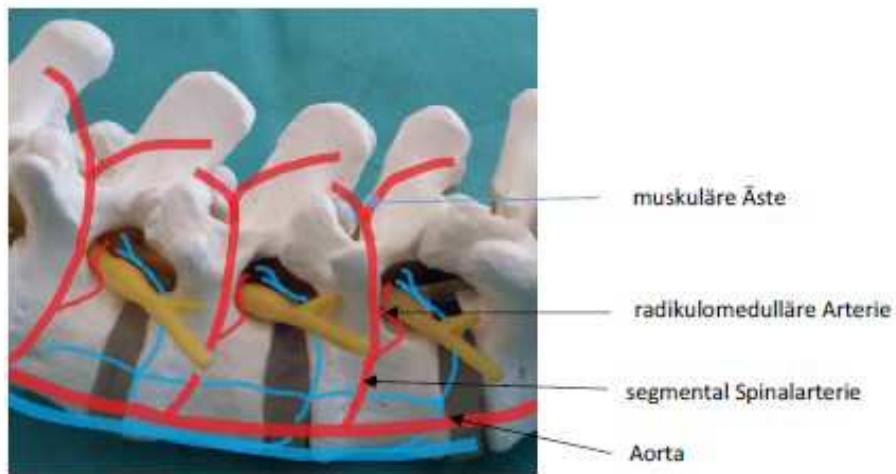


Abbildung 13. Gefäße des IVF

Die rücklaufenden sinuvertebralen Nerven, der Ramus recurrens bzw. Ramus meningeus, liegen ebenfalls superior und ventral der Nervenwurzel. Dorsal und inferior der Nervenwurzel ziehen die Intervertebrale Venen um beim Ausgang aus dem IVF in den lumbalen Venen zu drainieren. Beim supraartikulären Zugang kann es während der Präparation somit zu venösen Blutungen kommen die die intraoperative Sicht behindern.

Die oben beschriebenen neurovaskulären Strukturen sind von Fettgewebe umgeben, welches bei intakter Anatomie vollständig das IVF ausfüllt (19; 42).

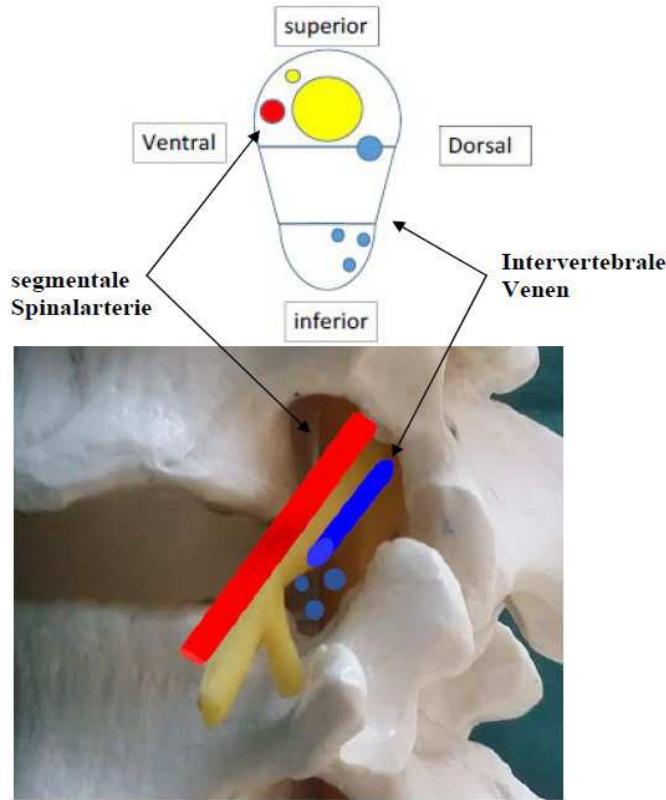


Abbildung 14. Topographische Anatomie der intraforaminalen Elemente

#### 1.5.6 Erreichen des intra-extraforaminal Raums:

Nach entsprechender Darstellung des Facettengelenkes und Einfahren des Mikroskops erfolgt nun über einen durch den Knochen geschaffenen Tunnel mit Hilfe eines 5mm großen Rosenbohrers oder Diamantbohrers der Zugang zum intra-/extraforaminalen Raum durch Entfernung des lateralen Knochenrandes der oberen Lamina unmittelbar supraartikulär und inferior der Pars interarticularis.

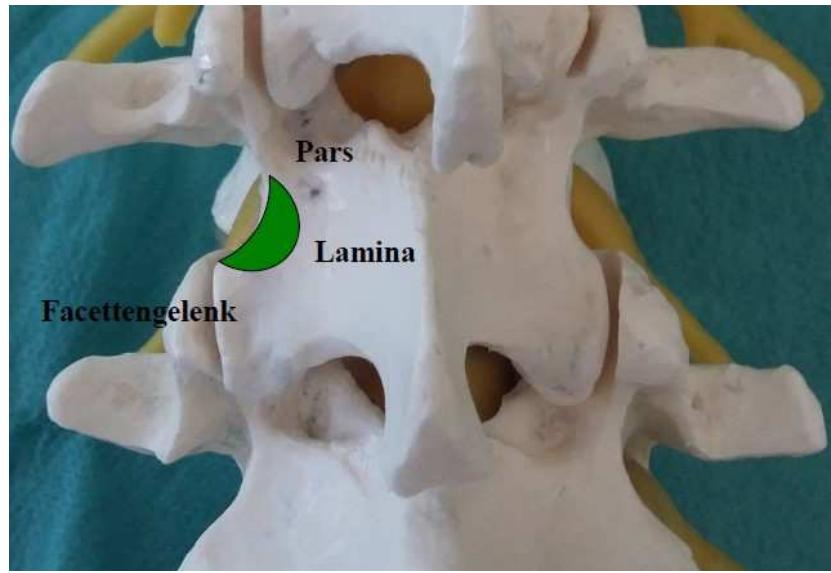


Abbildung 15. "Der Supraartikuläre Zugang" zum lateralen Raum

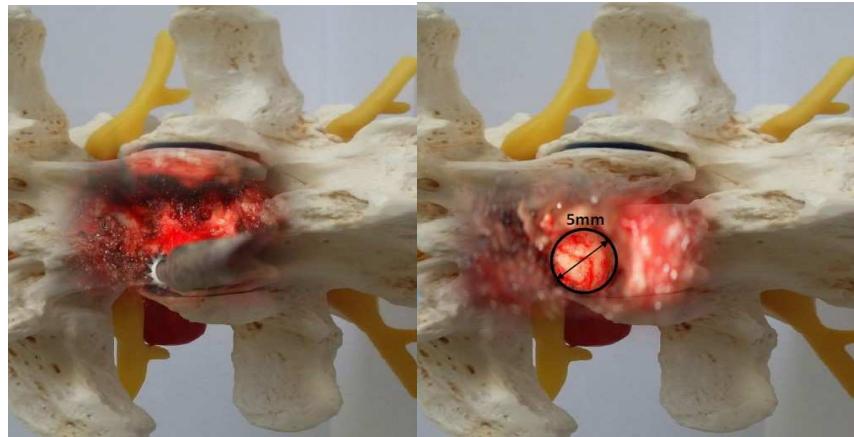


Abbildung 16. Zugang zum intra-/extraforaminalen Raum- Beseitigung des lateralen Knochenrandes der oberen Lamina mit dem Mikrobohrer

Hat man den intraforaminalen Anteil des Lig. flavum erreicht, wird dieser dann mit der 2mm großen Knochenstanze entfernt. Die Entfernung sollte am Anfang in medialer Richtung durchgeführt werden, um anatomisch gesehen einen sicheren Bereich zu haben. („save zone“). Die Grenzen der „save zone“ sind in der nachfolgenden Abbildung dargestellt.

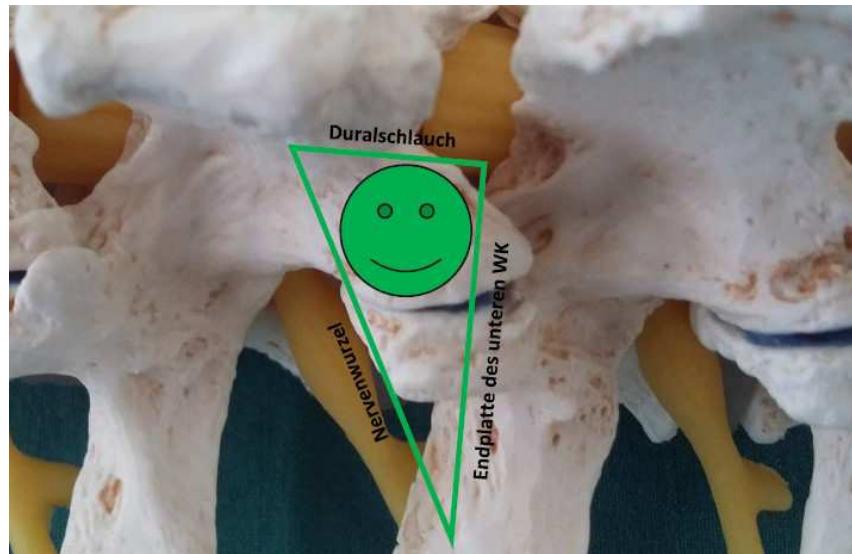
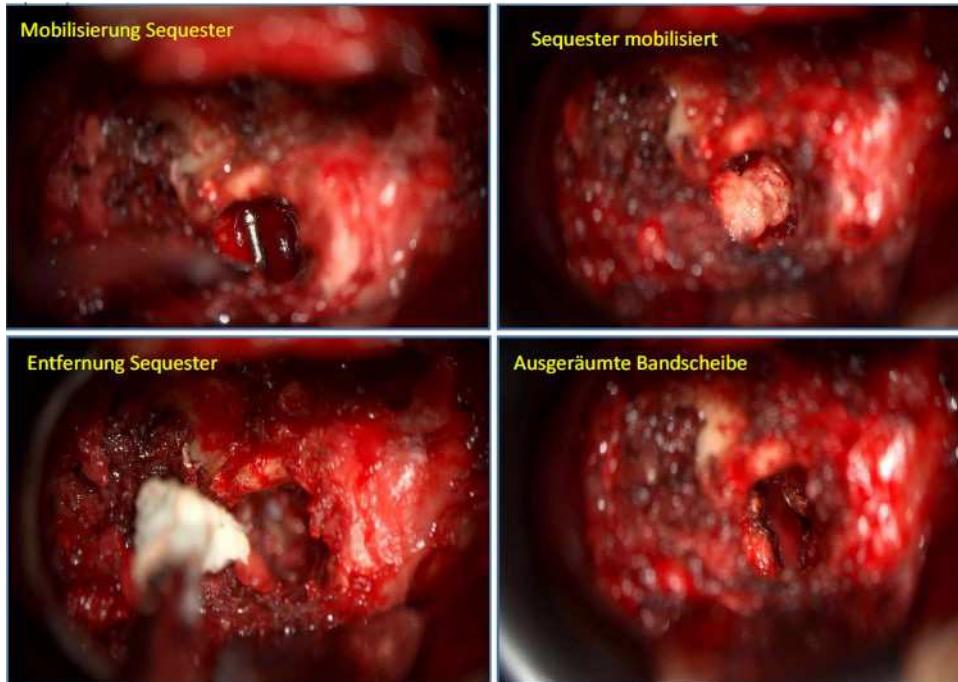


Abbildung 17. Grenzen “der save zone“

Das epidurale/epineurale Fett wird intraoperativ sichtbar und stellt in dieser Phase eine wichtige anatomische Landmarke dar. Wenn hier venöse Blutungen entstehen, können sie mit bipolarer HF-Thermokoagulation kontrolliert werden. Es muss darauf geachtet werden, keine thermischen Läsionen am Spinalganglion zu verursachen. Diese können häufig zu postoperativen Dysästhesien führen. Abhängig von der Lokalisation der Herniation kann der Zugang mit der Stanze nach lateral oder kranial erweitert werden, um den Sequester besser mit Hilfe eines Explorationshakens unter großer mikroskopischer Vergrößerung mobilisieren und entfernen zu können. Abhängig vom MRT- und dem Lokalbefund kann eine laterale Ausräumung der Bandscheibe sehr gut über diesen Zugang durchgeführt werden.



**Abbildung 18. Intraoperative Mikroskopaufnahmen-Mobilisierung und Entfernung des Sequesters**

In Bezug auf die Nomenklatur des lateralen Bandscheibenvorfalls können Protrusionen und Extrusionen beschrieben werden. Die ungedeckten („uncontained“) migrierten oder sequestrierten Bandscheibenvorfälle können nicht in sub-, trans- oder retroligamentär eingeteilt werden, da im lateralen Raum das Lig. longitudinale posterior die Bandscheibe nicht mehr deckt. Das bedeutet das migrierte und sequestrierte laterale Vorfälle immer frei sequestriert erscheinen. Bezuglich der Migration einer lateralen Diskushernie wird diese in der Regel nach kranial ausgestoßen, weil kaudal einerseits die Bogenwurzel liegt und anderseits die lateralen Fasern des Lig. longitudinale posterior sich an die untere Hälfte der Bandscheibe heften. Durch die kraniale Luxation führt eine intraforaminale Herniation zu einer entsprechenden Verlagerung der Nervenwurzel (4; 43; 44). Das ist die Erklärung dafür, dass häufig intraoperativ der Sequester entfernt wird ohne die Nervenwurzel selbst sehen zu können oder tangieren zu müssen. Erst wenn die Nervenwurzel ihren normalen Verlauf einnimmt kann sie im superolateralen Bereich des Zugangsweges gut identifiziert werden.

### 1.5.7 Situskontrolle und Wundverschluss:

---

Die Blutstillung erfolgt abhängig von der Blutungsquelle mit der bipolaren HF-Thermokoagulation (epidurale Venen), Knochenwachs (blutender Knochenrand) oder Einbringen eines blutstillenden Schwämmchens. Am Ende der Operation erfolgt der Wundverschluss in klassischer Weise mit Faszienrekonstruktion, subkutaner- und Hautnaht.

### 1.6 Sekundäre lumbale Instabilität:

---

Im Falle eines SAZ, ist es, um den intra- und extraforaminalen Raum zu erreichen, notwendig, den lateralen Knochenrand der oberen Laminae unmittelbar supraartikulär und inferior der Pars interarticularis zu entfernen. Abgesehen von den Foramina L1 bis L3 ist das nur mit einer zusätzlichen Einkerbung des kaudalen Gelenkfortsatzes sowie einer Resektion der kranialen Spitze des Processus articularis superior möglich. Dies wird als sogenannte apikale Arthrotomie bezeichnet (4). Wenn mehr als 50% des Facettengelenkes entfernt wird, liegt das Risiko einer postoperativen Instabilität zwischen 1.6 und 2.4% (45). Das bedeutet, der Zugang zu den Foramina L4 und L5 ist theoretisch mit einem erhöhten Risiko der Entwicklung einer postoperativen (sekundären) lumbalen Instabilität verbunden. Damit zusammenhängend werden persistierende postoperative Rückenschmerzen erklärt. Über den Begriff der lumbalen Instabilität wird in der Fachliteratur seit über 70 Jahren diskutiert, ohne dass eine einheitliche Meinung und eine verbindliche Definition existiert. „The greatest difficulty in discussing lumbar instability is a complete lack of defining what lumbar instability actually is“ (46). Anderseits hängt die Stabilität der Wirbelsäule als Ganzes von der Stabilität der einzelnen Bewegungseinheiten ab. Durch das Zusammenwirken des passiven Subsystems, Wirbelkörper, Bandscheibe, Facettengelenke, Knorpel, Bänder und Gefäße, und des aktiven Subsystems Muskulatur unter sensormotorischer Kontrolle resultiert ein stabiles, bewegliches Kettensystem (47; 48). Innerhalb dieses stabilen Systems hat Panjabi neutrale Zonen als Bereiche in deren Bewegungen mit geringem Widerstand auftreten, definiert. Er betrachtete die segmentale Instabilität als eine abnorme Bewegung zweier benachbarter Wirbelkörper mit einer Vergrößerung der neutralen Zone. „Allerdings hat er kein präzises Verfahren angegeben, um die Grenzen der neutralen Zone festzulegen“ (49). Als klinische Instabilität definiert man Symptome und Zeichen, welche Patienten mit vermuteter Destruktion des stabilisierenden Systems, entwickeln. Das bedeutet anhand des von Panjabi

beschriebenen Modells eine Vergrößerung der neutralen Zone durch Dysfunktion einer der oben beschriebenen Subsysteme. Für die aktuelle Arbeit ist die sekundäre postoperative klinische Instabilität von besonderem Interesse. Beim SAZ kann es zu einer apikalen Facettektomie kommen, die dann das Risiko einer Dysfunktion im passiven Subsystem erhöhen kann. Im postoperativen Verlauf kann dies mit der Entwicklung einer Instabilität enden. Die Anatomie der Facettengelenke wird von deren Höhenlokalisation in der Wirbelsäule bestimmt (50). Facetten-gelenke sind echte Gelenke -Diarthrosen- die laut Definition eine generell hohe Beweglichkeit besitzen. Die Stellung der Gelenkebenen in Bezug auf die Körperebene ändert sich von zervikal nach lumbal und gleichzeitig damit die Bewegungsfreiheit der spinalen Segmente. Lumbal sind die Facettenachsen in sagittaler Ebene ausgerichtet. Die unteren Facetten sind konvex und die oberen konkav. Diese Konfiguration schränkt die axiale Rotation ein, erlaubt aber Flexionen, Extensionen und Lateralflexionen größeren Ausmaßes. Im Laufe des Lebens kommt es funktio-nell zu einer zusätzlichen Außenrotation der Facettenstellung (maximum in L5/S1) bedingt durch den zunehmenden muskulären Zug (Mm. multifidi) am Processus mamillaris (50; 51). Diese Veränderung kann wiederum die segmentale Stabilität beeinflussen. Farfan et al zeigten, dass eine bilaterale komplette Durchtrennung der Facettengelenke zu einer signifikanten Stei-gerung der axialen Rotation führt (52). Abumi et al fanden nach bilateralen kompletten Facettek-tomien nur eine Zunahme der Flexionsbewegung ohne weitere Veränderung des Bewegungs-umfanges in Extension oder Lateralflexion. "Allerdings werden Lig. longitudinale anterius und Diskus dann vermehrt belastet" (49). Die Folgen nach partieller Facettektomie, ein häufig geüb-tes operatives Verfahren, wurden leider weniger untersucht. An von Leichen stammenden funk-tionellen Bewegungseinheiten wurden die mechanischen Veränderungen nach abgestufter Fa-cettektomie untersucht. Die wichtigste Schlussfolgerung war, dass die unilaterale mediale Fa-cettektomie zu einer erhöhten Flexion führt während die unilaterale und bilaterale Facettektomie die axialen Rotationsbewegungen zur Gegenseite beziehungsweise beidseits steigert. Die Ex-tension und Lateralflexion blieb unbeeinflusst (52).

## 1.7 Fragestellung:

---

In der Abteilung für Neurochirurgie des Klinikums Plau am See wird bereits seit 2007 zur Entfernung der lateralen Bandscheibenvorfälle, der mikrochirurgische supraartikuläre Zugang, als gängiges Operationsverfahren angewendet. Da in der Literatur kontrovers über optimale Operationstechniken bei lateralen Vorfällen diskutiert wird, ist das Ziel dieser Arbeit die Operationsmethode hinsichtlich ihres Outcome zu bewerten.

Die Entscheidung, die Evaluation des Behandlungserfolges anhand standardisierter aber „patient-reported outcome measures (PROMs)“ durchzuführen, wird bedingt durch die Tatsache, dass viele in der Praxis erhobenen postoperative Daten wie postoperatives MRT Aufnahmen, Röntgenfunktionsaufnahmen, Gelenkmessungen der Wirbelsäule keine Informationen über das Wohlbefinden des Patienten enthalten oder nicht immer mit dem subjektiv empfundenen Ergebnis in direkter Korrelation stehen.

97 Patienten wurden bezüglich des postoperativen Schmerzverlaufes, des funktionellen Status und der Einschränkung der Lebensqualität untersucht und die Ergebnisse zur Beurteilung des Therapieerfolgs herangezogen. Das Risiko einer möglichen postoperativen Instabilität wurde ebenfalls analysiert. Hierfür wurde durch die Benutzung des PLE-Tests auch der klinische Aspekt der Instabilität untersucht. Eine andere Zielsetzung war zu eruieren, ob den erhobenen klinischen Befunden ein prädiktiver Wert, hinsichtlich des Therapieerfolges zugeordnet werden kann.

Zur Evaluation der Ergebnisse des angewandten Operationsverfahrens und der möglichen Komplikationen wird zum Vergleich die dazu existierende Fachliteratur gesichtet.

Anhand der oben dargestellten theoretischen Aspekte und anhand der retrospektiven Analyse des Patientenkollektivs sollen folgende Fragen beantwortet werden:

1. Ist der supraartikuläre Zugang eine zuverlässige Operationstechnik in der Therapie des lateralen Bandscheibenvorfalls?
2. Ist die postoperative Instabilitätsrate nach dem supraartikulären Zugang groß?

3. Wie sehen die Früh- und Langzeitergebnisse nach Entfernung des lateralen Bandscheibenvorfalls über einen supraartikulären Zugang aus? (Therapieerfolg)
4. Existiert ein Einfluss der präoperativen klinischen Befunde auf die postoperative Prognose des lateralen Bandscheibenvorfalls? (prädiktiver Wert klinischer Befunde)

## II. Hauptteil

---

### 2.1 Material und Methoden:

---

#### **Art der Studie:**

Die vorliegende Arbeit stellt eine retrospektive Studie der klinischen Ergebnisse zwischen 2 und 7 Jahre nach der Entfernung eines lateralen Bandscheibenvorfalls über einen supraartikulären Zugang dar. Die Daten wurden mit Hilfe von standardisierten Untersuchungsbögen, medizinischen Scores und klinischen Tests in einer Datenbank erfasst und anschließend statistisch ausgewertet.

#### **Patientenauswahl:**

Nach Erstellung eines Konzepts erfolgte die Anmeldung der Studie bei der Ethikkommission der Universität Rostock. Initial wurden 216 Patienten (95 Frauen und 121 Männer) erfasst, die zwischen 1.1.2010 und 31.12.2015 in der Abteilung für Neurochirurgie der MediClin Plau am See an einem lateralen Bandscheibenvorfall operiert wurden

#### **Einschlusskriterien:**

- Monosegmentaler lateraler lumbaler Bandscheibenvorfall
- Elektive Operationsindikation
- Gleicher Operateur
- Schriftliches Einverständnis der Probanden

**Ausschlusskriterien:**

- Rezidiv-Bandscheibenvorfall
- Multisegmentale Vorfälle mit Polyradikulopathie
- Mehretagen-Operation
- Kombinierter Zugang (interlaminär und supraartikulär)
- Alter des Patienten <18 Jahre

**Patientenzahl:**

Im Januar 2017 wurden Einladungen zur Teilnahme an der Studie beziehungsweise zu einer klinischen Nachuntersuchung an 216 Patienten verschickt, welche die Einschlusskriterien erfüllten. Insgesamt antworteten positiv 96 Patienten (55 Männer und 41 Frauen). Dies entspricht einem Erfassungsgrad von 44,44%. 110 Patienten (50,92%) haben die Teilnahme an der Studie abgelehnt oder haben auf die Anfrage nicht geantwortet. 6 Patienten waren umgezogen und befanden sich über 400 km von der Klinik entfernt. 1 Patient wollte an der Studie nur teilnehmen, wenn die Transportkosten übernommen werden und er für die Nachuntersuchung krankgeschrieben würde. 3 Patienten waren nach Angaben von Angehörigen in der Zwischenzeit verstorben.

**Erfassung der Daten:**

Initial erfolgte die Erfassung der Patientendaten anhand der Krankenblätter des Klinikarchivs. Der zur Aktenauswertung verwendete Fragebogen befindet sich in der Anlage. Neben der Erhebung der somatischen und der sozialen Anamnese wurden die Akten anhand folgender Kriterien überprüft: Aufnahmediagnose, Schmerz und Schmerzmittelanamnese, eventuell vorausgegangene konservative Therapiemaßnahmen, neurologischer Aufnahme- bzw. Entlassungsbefund, Dauer der Therapie, operationstechnische Aspekte wie Ausräumung Bandscheibenfach, Blutungen, Duraverletzung, Nervenverletzung usw.. Aus den entsprechenden Ambulanzakten wurden 6 Wochen postoperativ der neurologische Status und der postoperative Schmerzverlauf

dokumentiert. Grundsätzlich werden alle in Plau operierten Patienten 6 Wochen nach der Operation zu einer ambulanten Qualitätssprechstunde eingeladen.

In einer zweiten Phase wurde der postoperative Status (Follow-up > 2Jahre) im Rahmen einer ambulanten Nachuntersuchung erhoben. 85 Patienten folgten der Einladung und wurden zwischen März 2017 und November 2018 klinisch nachuntersucht. Bei 11 Patienten erfolgte die Datenerhebung durch Hausbesuche, da das hohe Alter der Patienten, deren Komorbidität oder den eingeschränkten regionalen öffentlichen Personennahverkehr eine Vorstellung in der Klinik unmöglich war. Hierfür wurde ebenfalls ein standardisierter Untersuchungsbogen genutzt. (s. Anlage S.102). Insbesondere wurde dabei auf verbliebene oder neu aufgetretene Paresen, Sensibilitätsstörungen, Dysästhesien geachtet. Anschlussheilbehandlungen, Physiotherapiebehandlungen nach der Operation wurden zusätzlich dokumentiert. Ergänzend wurden auch Angaben zur Dauer der Arbeitsunfähigkeit prä- und postoperativ, Berufsleben und heutige Schmerzmitteleinahme festgehalten. Anhand der visuellen Analogskala (VAS) sollten die Patienten die damaligen präoperativen Schmerzen im Rücken und unteren Extremitäten wie auch die jetzigen Schmerzen einschätzen.

## 2.2 VAS Schmerz Skala:

---

Zum Vergleich schätzten sie auch den aktuellen Schmerzzustand mit Hilfe der VAS. (s. Anlage S.105) VAS ist ein validiertes, anerkanntes Messinstrument zur Beurteilung der Schmerzintensität und liefert nach Aussagen von Studien zuverlässige Ergebnisse. Die VAS besteht aus einer 100 mm langen Linie an deren Enden die Extreme „kein Schmerz“ und „maximal vorstellbarer Schmerz“ eingetragen sind. Auf der Linie ist keine Maßeinheit zu sehen, die den Patienten beeinflussen können. Die durch den Patienten selbst markierte Schmerzstärke wird danach mit einem Lineal abgemessen. Wissenschaftlich betrachtet beginnt der starke Schmerz bei mehr als 50/100 auf der VAS. „Initiative on Methods, Measurement and Pain Assessment in Clinical Trials“ (IMMPACT) gibt für Skalen-Messergebnisse vor, dass erst eine Verbesserung von mindestens 50% als eine substantielle Verbesserung zu interpretieren ist. Eine Abnahme der Schmerzintensität von 10-20% gilt als wenig relevant und eine von 30% als moderat (53; 54).

## 2.3 Oswestry Disability Scale (ODI):

---

Während man in den letzten Jahrzehnten bemüht war, in den Studien immer messbare Laborparameter einzusetzen, existiert heutzutage in den neueren statistischen medizinischen Methoden die Tendenz immer häufiger den Patienten direkt zu befragen und seine subjektiven Phänomene zu beurteilen („patient-reported outcome measures (PROMs)“). Solche subjektiven Phänomene können nicht nur der Schmerz sondern auch die subjektiv empfundene Lebensqualität sein. Die verbreiteste Methode, die Einschränkungen in den Aktivitäten des täglichen Lebens zu objektivieren, ist die „Oswestry Disability Scale“ (ODI) nach Fairbank (55). Der Fragebogen, auch unter dem Namen „Oswestry Disability Index“ (ODI) bekannt, ist ein gutes, klares und unkompliziertes Instrument, um die Einschränkungen des Soziallebens der Patienten mit chronischen Rückenschmerzen zu erfassen (56). Verschiedene Autoren fanden eine gute Korrelation zwischen ODI und der visuellen Analogskala ( $p=0.002$ ) (57). Die 2006 veröffentlichte deutsche Version ist eine über die Jahre veränderte und verbesserte Version des von John O’Brain 1976 entwickelten Fragebogens. In dieser Studie wurde der Oswestry Low Back Pain-Disability Index 2.1 verwendet, in dem die Patienten ihre Einschränkungen in zehn unterschiedlichen Funktionsbereichen beurteilen (56; 58):

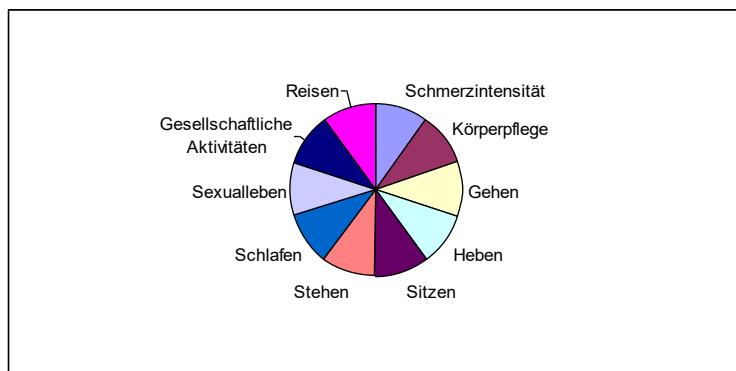


Abbildung 19. Die zehn, vom ODI- Score, untersuchten Funktionsbereiche

In jedem Abschnitt sollte jeweils eine der sechs Antwortmöglichkeiten gewählt werden. Jede der zehn Fragen kann mit maximal fünf Punkten bewertet werden und entspricht einer maximalen Einschränkung. Die maximale Punktzahl im ODI, beträgt dementsprechend 50 Punkte. Das Ergebnis wird aber in Prozentzahl ausgedrückt:

$$ODIScore = \frac{\text{erreichtePunktzahl}}{\text{maximalmöglichePunktzahl}} \times 100$$

Falls der Patient eine Frage nicht beantwortet hat (z.B. Frage 8: Sexualleben) so beträgt nun die maximal mögliche Punktzahl noch 45. Hat jemand zwei Antworten angekreuzt, wurde immer die höhere Punktzahl angerechnet (56). Die berechnete Prozentzahl (ODI Score) zeigt wie viel die individuelle Beeinträchtigung des Patienten von der maximalen Beeinträchtigung (100%) beträgt. Die prozentuelle Beeinträchtigung kann anhand der Merkmale einer der 5 Gruppen charakterisiert werden (59; 60):

Gruppe	ODI-Score	Behinderungsgrad	Beschreibung
1	0-20%	minimal/leicht	volle Selbständigkeit bei den Aktivitäten des täglichen Lebens (ADL's); keine Arbeitsunfähigkeit Therapie meist nicht notwendig; die Regeln der Rückenschule beachten
2	21-40%	mäßig	Probleme und mehr Schmerzen beim Sitzen, Heben und Stehen; häufigere Arbeitsunfähigkeit; eine konervative Therapie der Rückenschmerzen ist indiziert; soziales Leben/ Reisen ist schwieriger
3	41-60%	schwer/stark	Schmerz ist das Hauptproblem; Alle Funktionsbereiche sind stark eingeschränkt; eine genauere Untersuchung/Diagnostik ist indiziert
4	61-80%	Invalidisierend	Schmerzen behindern jegliche ADL's und Arbeit; meist auf Hilfe einer Person angewiesen
5	81-100%	bettlägerig	schmerzbedingt bettlägerig/gibt falsche Angaben

**Tabelle 2. Einteilung des Behinderungsgrades nach dem ODI Score**

## 2.4 „Passive Lumbar Extension Test“(PLE):

---

Die Möglichkeit der Entwicklung einer postoperativen Instabilität wurde im Rahmen der Nachuntersuchung nach der klinischen Auswirkung geprüft. Klinische Untersuchungen zur Diagnose der spinalen Instabilität wurden in vielen Studien beschrieben, aber nur in wenigen auch die Sensitivität und Spezifität mituntersucht. 2006 zeigten Kasai et al, dass der sogenannte „Passive Lumbar Extension Test (PLE)“ sowohl eine hohe diagnostische Genauigkeit (84,2%) als auch eine hohe Reliabilität (90,4%) hat. In 2015 wird in einem von Ferrari publizierten „review“ der Literatur zu klinischen Tests bei lumbaler Instabilität der PLE als bester Funktionstest bei lumbaler Instabilität identifiziert (61). Beim PLE (s. Anlage S.106) wird der Patient in Bauchlage gedreht. Der Untersucher hebt gleichzeitig die unteren Extremitäten ungefähr 30 cm über die Bettelbene und appliziert eine leichte Traktion an den Füßen. Bei Schmerzen in der lumbalen Wirbelsäule, „Schweregefühl im Kreuz“ oder „Durchbrechgefühl im Kreuz“ wurde der Test als positiv gewertet. Leichte Hypästhesie oder Kribbelparästhesien in den Beinen während des Tests wurden nicht als pathologisch vermerkt.

## 2.5 Einteilung des Gesamtkollektivs in Gruppen:

---

Abhängig von der Existenz einer Voroperation im Bereich der Lendenwirbelsäule wurden die an der Studie teilnehmenden Patienten in zwei Subgruppen unterteilt und analysiert: Voroperierte und nicht-Voroperierte. Die Auswirkung des Berufs auf die Erkrankung aber vor allem die Auswirkung der Erkrankung auf die Wiederherstellung der beruflichen Eingliederung wurde mituntersucht. Die berufliche Aktivität wurde nach körperlichen Belastung in folgende Gruppen eingeteilt:

**Gruppe I** -Arbeiten mit ungünstiger Körperhaltung (z.B. Maurer, Bergarbeiter, Maler, Putzer, Physiotherapeut, Schwester, Arzt, Friseur etc.)

**Gruppe II** - Langes Arbeiten im Sitzen (Berufsfahrer, Sekretärin, Büroarbeiter, EDV Mitarbeiter etc.)

**Gruppe III** - andere Berufe

**Gruppe IV**- Arbeitslose.

## 2.6 Statistische Erfassung und Auswertung:

---

Die Aufbereitung der Daten erfolgte in Microsoft Office Excel 2013. Die Datenbank wurde danach für die Analyse in die Statistiksoftware IBM SPSS importiert. Die Textverarbeitung erfolgte mit Microsoft Word 2013 und die Tabellen und Grafiken wurden mit Microsoft Excel 2013 angefertigt. Als Literaturverwaltungsprogramm wurde EndNote7 benutzt.

## 2.7 Statistische Methoden:

---

Für die deskriptive Darstellung der Ergebnisse wurde abhängig vom Variablen und Stichproben-typ folgendes Vorgehen geplant: Für die kategorialen (qualitativen) Variablen (Geschlecht, Höhe und Seitenlokalisation des Bandscheibenvorfalls, Form der radikulären Beschwerden, Sensibilitätsstörungen, PLE-Test etc.) wurde die prozentuale (relative) Häufigkeit bestimmt und die entsprechenden Diagramme in Microsoft Excel erstellt; für numerische (quantitative) Variablen wie Operationszeit, Dauer der Arbeitsunfähigkeit, Alter, ODI, VAS etc. wurde neben den Mittelwert auch Median, 1.Quartil, 3.Quartil, Minimum und Maximum berechnet um eine mögliche Verzerrung der Ergebnisse durch Ausreißer zu erkennen. Bei den quantitativen Variablen (VAS, ODI, Tage Arbeitsunfähigkeit) wurde zur Prüfung der zeitlichen Veränderung der Werte innerhalb derselben Gruppe (voroperierte Patienten, nichtvoroperierte Patienten, Berufsgruppen, Arbeitslose) der Zweistichproben-t-Test bei abhängigen Stichproben herangezogen. Hat man hingegen die Veränderung der Werte zwischen den Gruppen, untersucht wurde der Zweistichproben-t-Test-Unterschiedlicher Varianzen benutzt. Zum Vergleich der Veränderungen des PLE Tests (kategoriale-nominale Variable) in 2 verschiedene Gruppen (voroperierte Patienten vs. nicht-voroperierte Patienten) wurde der Chi-Quadrat Test angewendet. Phi-die Effektstärke für den Test wurde ebenfalls ermittelt.

Der Einfluss mehrerer klinischer Befunde auf das postoperative Ergebnis (VAS postop, ODI, PLE Test), d.h. mehrerer unabhängiger Variablen (Faktoren) auf eine abhängige Variable wurde im Rahmen der multiplen linearen Regression geprüft. Eine Korrektur der p-Werte wurde nicht durchgeführt. Bei einem  $p < 0.05$  wurde von einem statistisch signifikanten Unterschied ausgegangen.

## 2.8 Ergebnisse:

---

### 2.8.1 Präoperative Daten:

#### 2.8.1.1 Demographische Daten:

---

Von den insgesamt 96 vollständig ausgewerteten Patienten waren 41 Frauen (42,7%) und 55 Männer (57,3%), was ein Verhältnis von weiblich/männlich von 1:1,34 ergibt. Zum Zeitpunkt der Operation waren der jüngste Patient 26 und der älteste Patient 76 Jahre alt, der Median lag bei 55 Jahren. Das Gesamtkollektiv wurde in 3 Gruppen unterteilt: I Gruppe unter 50 Jahre, II Gruppe zwischen 50-59 Jahre und die III Gruppe über 60. In den Gruppen II (41 Patienten) und III (35 Patienten) befanden sich die Mehrheit der Patienten mit 43% beziehungsweise 36%. In der Gruppe I waren nur 20 Patienten (21%), durchschnittlich um 50% weniger im Vergleich zu den anderen Gruppen.

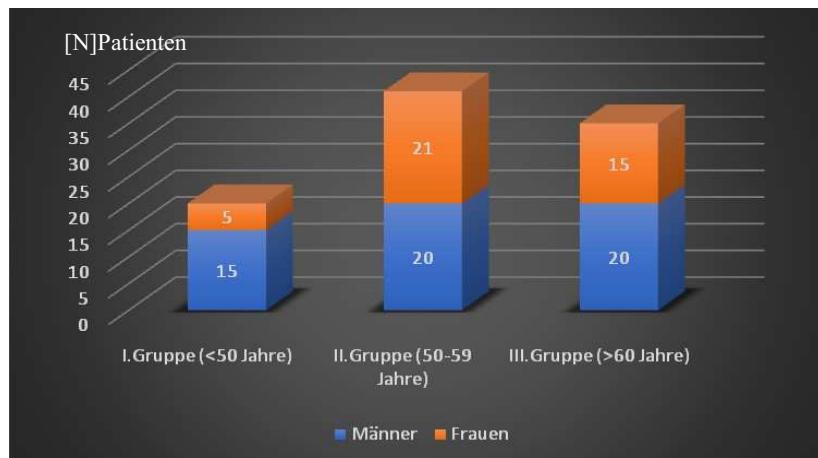
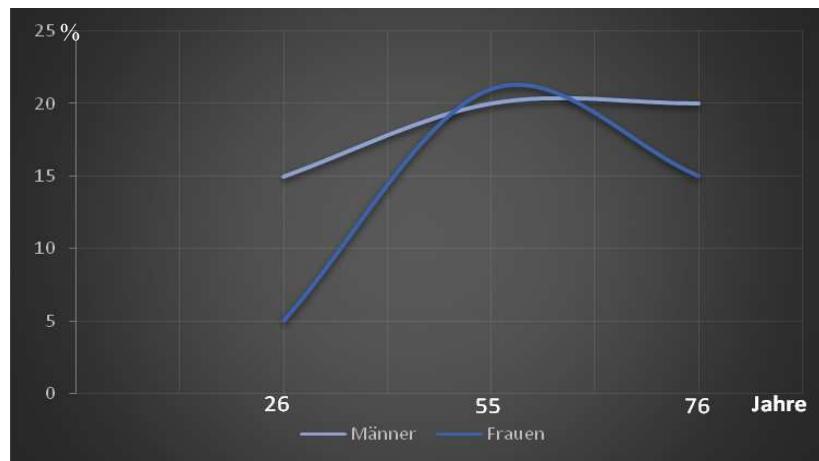


Abbildung 20. Altersverteilung des lateralen BSV

Bezogen auf die Geschlechterverteilung zeigt sich bei den Männern eine relativ konstante Verteilung über alle Altersklassen (16-20%), wobei bei den Frauen unter 50 Jahren die Inzidenz klein ist (5%) um sich über 50 Jahren fast zu vervierfachen (18,75%). Innerhalb der Gruppen ab 50 Jahren findet sich kein statistisch auffälliger Unterschied bezüglich der beiden Geschlechter. In der I Gruppe sind 75% Männer (15 Patienten) und nur 25% Frauen (5 Patienten).



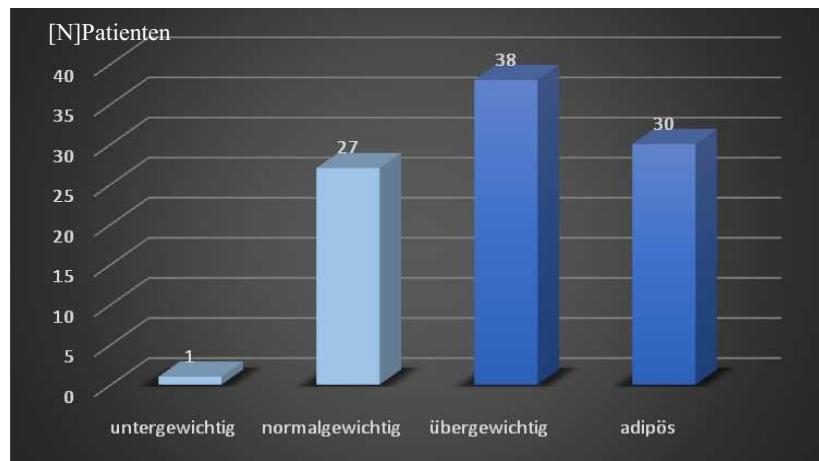
**Abbildung 21. Geschlechtsbezogene Inzidenz des lateralen BSV**

### **Body Mass Index:**

Der Body Mass Index (BMI) wurde berechnet um den Ernährungszustand der Patienten definieren zu können. Laut WHO-Definition gilt folgende Einteilung:

- untergewichtig:  $\text{BMI} < 18,5 \text{ kg/m}^2$
- normalgewichtig:  $18,5 \text{--} 24,9 \text{ kg/m}^2$
- übergewichtig:  $25 \text{--} 29,9 \text{ kg/m}^2$
- adipös:  $\text{BMI} > 29,9 \text{ kg/m}^2$  (62).

1 Patient war untergewichtig (1%), 27 waren normalgewichtig (28,1%), 38 übergewichtig (39,6%) und 30 adipös (31,3%). Zum Zeitpunkt der Operation betrug der BMI im Mittel  $28 \text{ kg/m}^2$  und beschreibt somit eine übergewichtige Population. 70,9% aller Patienten hatten einen BMI über der empfohlenen Werteklasse.



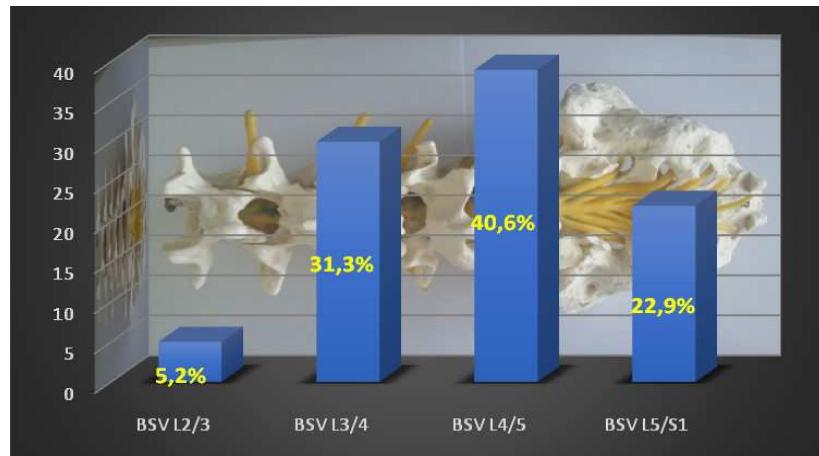
**Abbildung 22. Body Mass Index (BMI) des Patientenkollektivs**

#### 2.8.1.2 Lokalisation des Bandscheibenvorfalls:

---

Die Verteilung der Bandscheibenvorfälle zeigt folgende Höhenlokalisierungen:

71,9% aller Bandscheibenvorfälle befanden sich in den Höhen L3/4 (N=30; 31,3%) und L4/5 (N=39; 40,6%). Bandscheibenvorfälle in Höhe L5/S1 traten nur in 22 Fällen (22,9%) auf. Das Niveau L2/3 war nur in 5,2% betroffen, was einer Patientenzahl von 5 entspricht.



**Abbildung 23. Höhenlokalisation des lateralen BSV**

Der geschlechtsspezifische Vergleich der Höhenlokalisierungen der lateralen Bandscheibenvorfälle zeigt keine statistische Auffälligkeit. Ebenfalls die Seitenlokalisation war mit rechts N=50 und links N=46 Fälle gleichmäßig verteilt.

Entsprechend seiner extraspinalen Ausdehnung zeigte sich folgende Verteilung:

Intraforaminale Vorfälle 21 (21,88%), extraforaminale oder weit laterale Vorfälle 40 (41,67%) und intra-extraforaminaler Bandscheibenvorfälle 35 (36,46%).

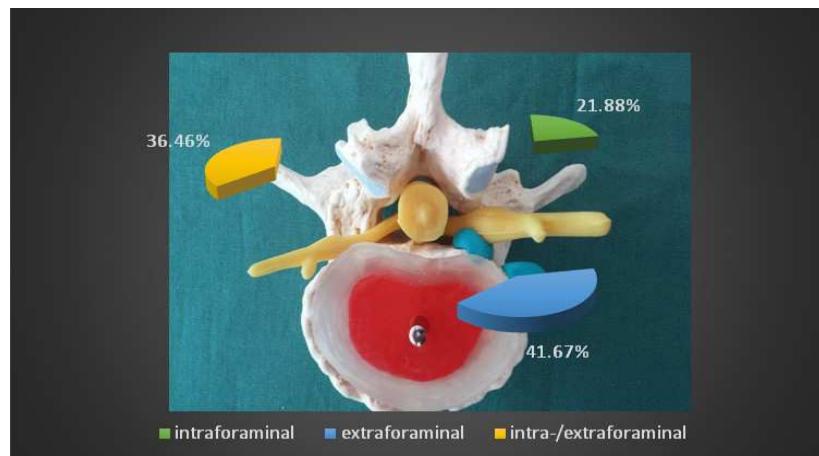


Abbildung 24. Lokalisation der Vorfälle in Bezug auf die Neuroforamina

#### 2.8.1.3 Aufnahmesymptomatik:

Nach Analyse der Daten kann folgendes zusammengefasst werden: Frühere LWS Beschwerden wurden von 41,7% (N=40) Patienten angegeben und 52,1% (N=50) beschreiben eine Schmerzanamnese über 6 Wochen. Alle Patienten mit einem lateralen BSV in Höhe L2/3 hatten früher LWS Beschwerden. Die restlichen Höhenlokalisierungen zeigten diesbezüglich eine uniforme Verteilung. Die extraspinale Lokalisation des Vorfalls zeigte keine statistische Signifikanz in Bezug auf die Schmerzanamnese.

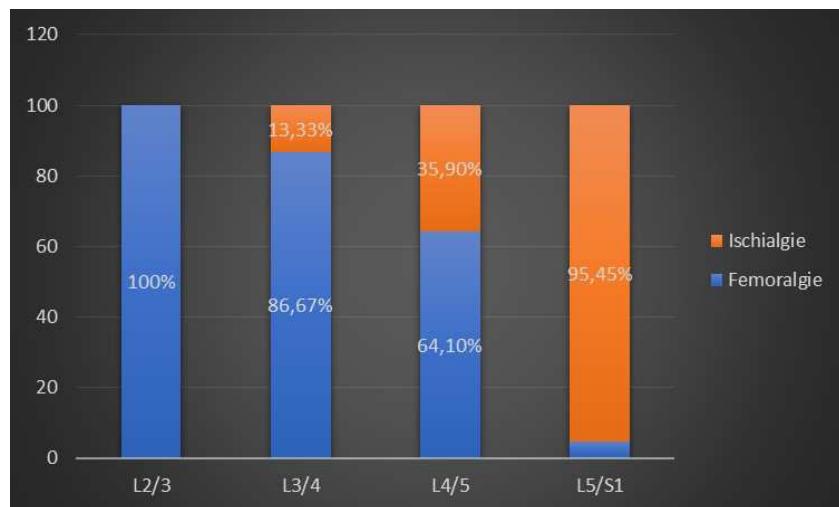
Bei stationäre Aufnahme gaben 81,3% der Patienten (N= 78) Lumbalgien an. Eine begleitende radikuläre Schmerzausstrahlung zeigten 99% aller Patienten (N=95).



**Abbildung 25. Lumbago vs. radikuläre Schmerzen bei Aufnahme**

Ein Patient hatte keine radikulären Schmerzen und 5 zeigten eine biradikuläre Schmerzausstrahlung entlang der benachbarten Dermatome, einer in Höhe L3/4 und vier in Höhe L4/5.

In den Höhen L2/3 und L5/S1 fand sich die erwartete radikuläre Beteiligung (L2 und L5). Im Falle der lateralen Bandscheibenvorfälle mit Lokalisation auf Niveau L3/4 und L4/5 findet man als klinischen Ausdruck sowohl Femoralgien als auch Ischialgien: L3/4 -87% (N=26) Femoralgien und 13% (N=4) Ischialgien; L4/5 -64% (N=25) Ischialgien und 36% (N=14) Femoralgien.



**Abbildung 26. Typ der radikulären Schmerzen bei verschiedenen Höhenlokalisationen des lateralen BSV**

84,4% (N=81) der Patienten hatten bei der Aufnahme Sensibilitätsstörungen und bei 55,2% (N=53) wurden bei der klinischen Untersuchung Paresen objektiviert.

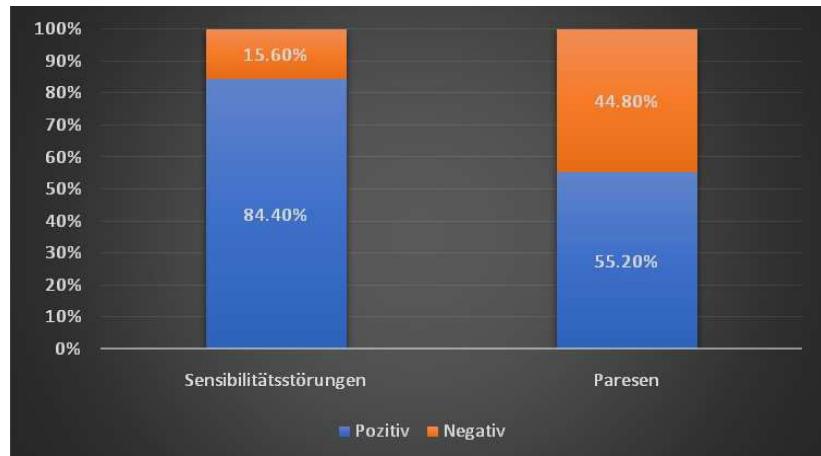


Abbildung 27. Neurologische Defizite bei Aufnahme

62% (N=33) davon hatten leichte Paresen (KG4/5), 24,5% (N=13) KG3/5 und nur 13,5% (N=7) hatten schwere Paresen KG2/5. Plegien wurden nicht gefunden.

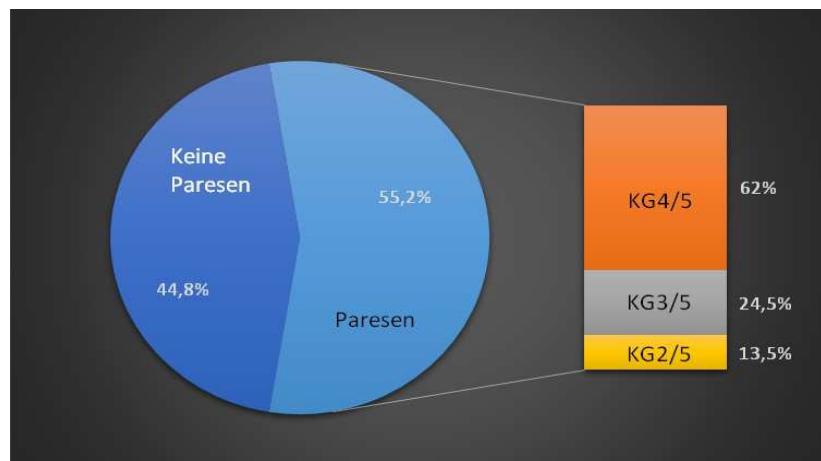


Abbildung 28. Schweregrad der Paresen

## 2.8.2 Operation:

---

Die Analyse der operativ technischen Parameter wird im Folgenden dargestellt. Wie schon erwähnt, wurden alle Eingriffe von dem gleichen Operateur durchgeführt. Die Operationszeiten liegen im Intervall von Minimum 20 bis Maximum 87 Minuten mit einer durchschnittlichen Operationszeit von 38 Minuten. Der Rezidiv-Bandscheibenvorfall, ähnlich wie im Falle des interlaminären Zugangs, ist auch hier die häufigste beobachtete postoperative Komplikation mit 11,45%. Der Anteil der Frührezidive lag bei 18,18%. Das Risiko des Auftretens einer Läsion des Spinalganglions oder des R. meningeus recurrens ist bei dieser Technik theoretisch höher. Neu postoperativ aufgetretene neuropathische Schmerzen oder Sensibilitätsstörungen wurden als Ausdruck einer Läsion des Spinalganglions interpretiert. Bei 9 Patienten (9,37%) wurde eine Läsion gefunden. Postoperative Nachblutungen wurden nicht gefunden. Der Rest der postoperativen Komplikationen ist in der Abb. 29 dargestellt.

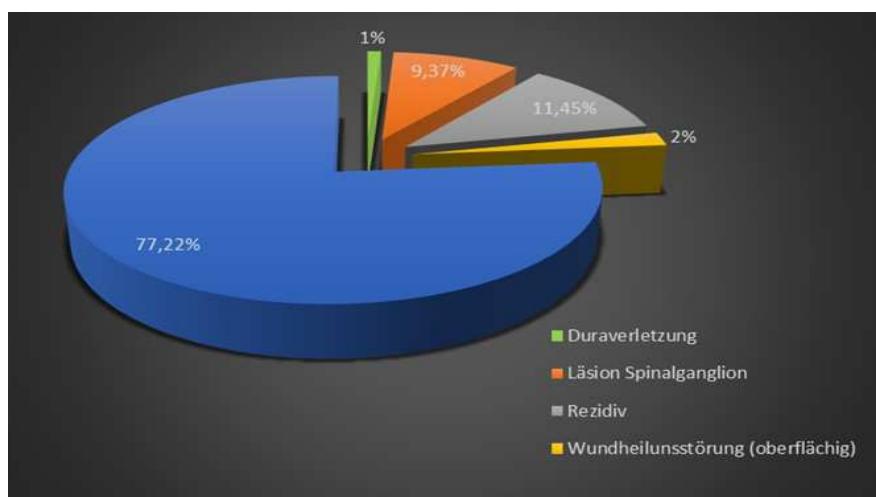
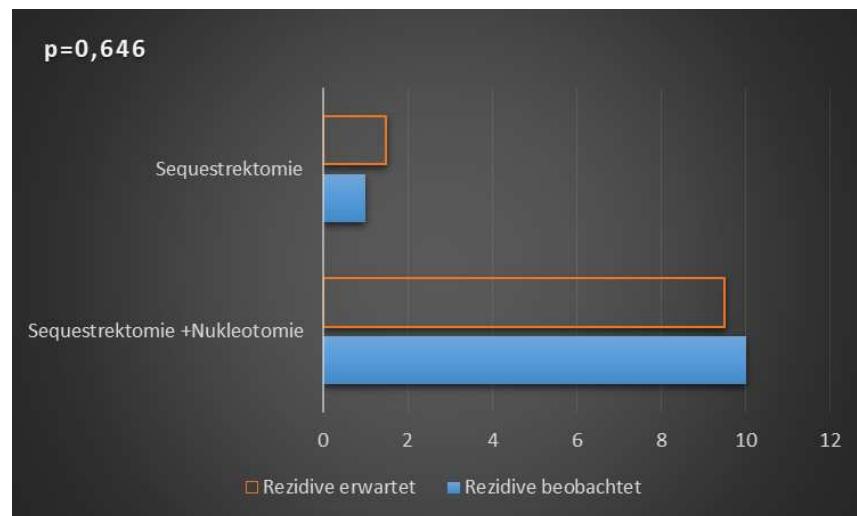


Abbildung 29. Postoperativ aufgetretene Komplikationen nach dem supraartikulären Zugang

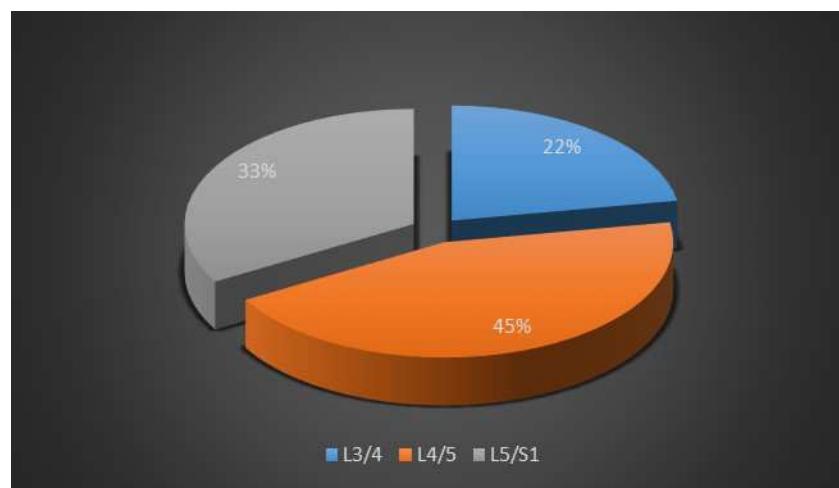
Bei insgesamt 83 Patienten wurde bei der Operation neben der Sequestrektomie auch gleichzeitig eine Nukleotomie durchgeführt. 10 davon (12%) entwickelten im Verlauf ein Rezidiv. Bei 13 Patienten erfolgte nur die Sequestrektomie ohne eine Nukleotomie. In dieser Gruppe wurde nur ein Rezidiv (7,70%) gefunden. Ob der Unterschied statistisch signifikant ist, wurde anhand des CHI Quadrat Tests untersucht.



**Abbildung 30. Unterschied beobachtete-erwartete Rezidivrate bei Sequestrectomie ± Nuklotomie ( $p>0.05$ )**

Der resultierte p Wert lag bei 0,64 ( $>0.05$ ) und damit kann die Hypothese dass die Nukleotomie das Risiko einer Rezidivs erhöht nicht angenommen werden.

Bei den Patienten mit Läsion des Spinalganglions zeigte sich in über 75% der Fälle eine Lokalisation in Bereich der letzten beiden Etagen (L4/5 und L5/S1).



**Abbildung 31. Verteilung der Läsionen des Spinalganglions postoperativ**

## 2.8.3 Outcome Analyse:

Die erhobenen Daten im Rahmen der klinischen Untersuchung bei der Aufnahme, bei Entlassung (der durchschnittliche Entlassungszeitpunkt lag bei 7.8 Tagen), 6 Wochen postoperativ und nach einem durchschnittlichen Follow-up Zeitraum von 4,5 Jahren wurden im Vergleich analysiert.

### 2.8.3.1 Sensibilitätsstörungen:

84,4% aller Patienten (N=81) hatten bei Aufnahme Sensibilitätsstörungen angegeben. Postoperativ kam es schon zum Entlassungszeitpunkt zu einer kompletten Remission der Sensibilitätsstörungen bei 40,7% der Patienten (N=33). N=9 Patienten gaben unveränderte Sensibilitätsstörungen an und bei dem Rest von 48,1% (N=39) wurde nur eine Verbesserung notiert. N=2 Patienten haben postoperativ Sensibilitätsstörungen entwickelt.

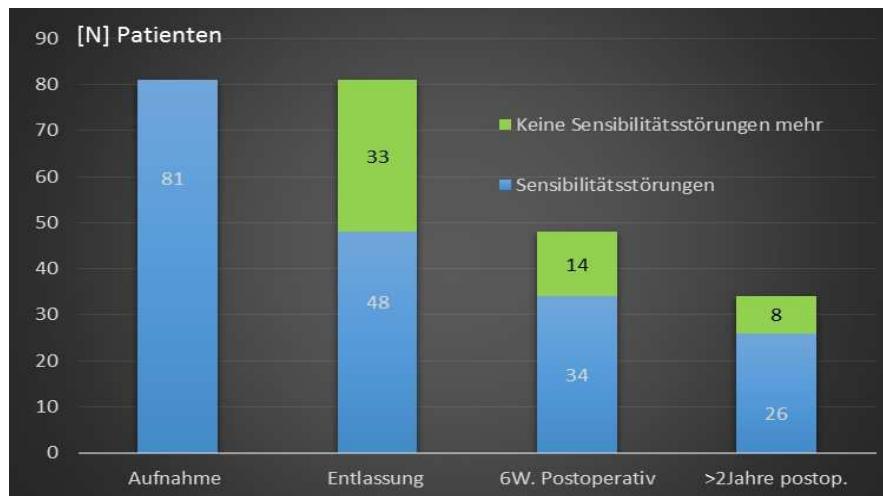
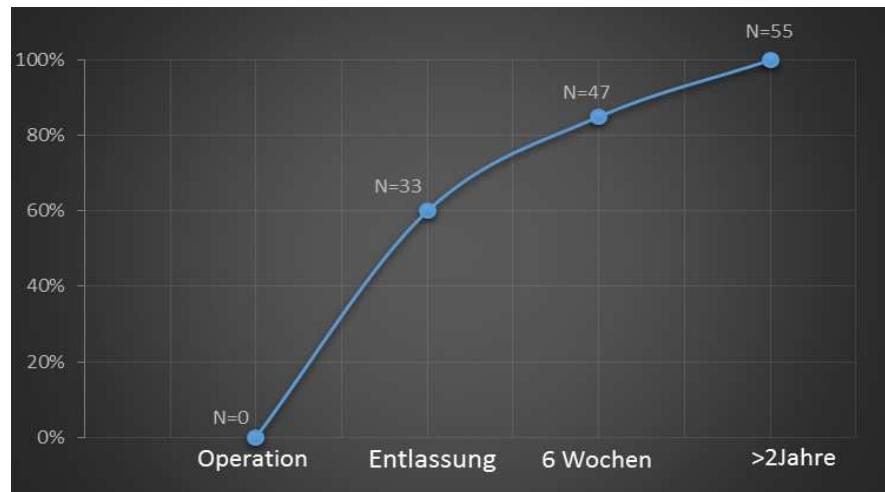


Abbildung 32. Postoperativ beobachtete Erholung der Sensibilitätsstörungen

Von den 48+2 Patienten mit persistierenden Sensibilitätsstörungen zum Entlassungszeitpunkt konnte im Rahmen der Nachkontrollen folgender Verlauf beobachtet werden: 6 Wochen postoperativ zeigten weitere N=14+2 Patienten (29,1%) eine komplett Rückbildung der Sensibilitätsstörungen, inklusive die N=2 Patienten mit postoperativ aufgetretene Sensibilitätsstörungen. N=21 Patienten (43,75%) hatten nur eine Besserung und bei N=13 (27%) traten keine Veränderungen auf. In einem Zeitintervall von über 2 Jahre postoperativ (Follow up von 4.5 Jahren) ha-

ben nur noch 8 von 34 Patienten (23,5%) eine komplette Remission erreicht. N=16 Patienten (47%) hatten noch eine leichte Störung, bei N=5 (14,7%) Patienten brachte die Operation keine Besserung. N=5 Patienten (14,7%) haben sogar ein Zunahme der Sensibilitätsstörungen über die Jahre beschrieben. Zusammenfassend kam es im Verlauf zu einer kompletten Rückbildung der Sensibilitätsstörungen bei insgesamt N=55 (68%) von 81 Patienten. Der größte Anteil der Rückbildungstendenz der Beschwerden von 85% wurde in den ersten 6 Wochen erreicht.



**Abbildung 33. Verlauf der kompletten Rückbildung der Sensibilitätsstörungen postoperativ**

Bezüglich des Langzeitergebnisses hatten nur noch N=10 Patienten unveränderte oder stärkere Sensibilitätsstörungen im Vergleich zu präoperativ was einer Verbesserungsrate von 87,6% entspricht. Betrachtet man nun die komplettte Rückbildung der Sensibilitätsstörungen in beiden Gruppen, den voroperierten und nicht voroperierten Patienten sind die Erholungskurven ähnlich.



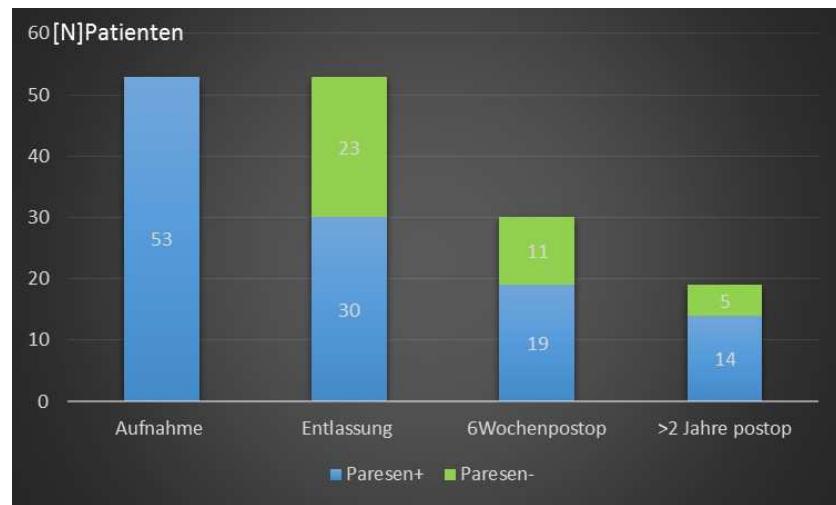
**Abbildung 34. Verlauf der kompletten Rückbildung der Sensibilitätsstörungen bei voroperierten und nicht voroperierten Patienten**

Bei einem durchschnittlichen Follow-up von 4.5 Jahren liegt die Verbesserungsrate bei 90% (N=55 von 61 Patienten) in der nicht voroperierten Gruppe und bei 85% (N=17 von 20 Patienten) in der voroperierten Gruppe. Eine Zunahme der Sensibilitätsstörungen im Verlauf kam es bei 3 Patienten in der voroperierten Gruppe und bei 2 in der nicht voroperierten Gruppe. Der Chi Quadrat Test zeigte ( $p=0.485$ ;  $p>0.05$ ) keinen statistisch signifikanten Unterschied der Langzeitergebnisse bei unterschiedlicher Dauer der präoperativen Symptome.

#### 2.8.3.2 Motorische Defizite:

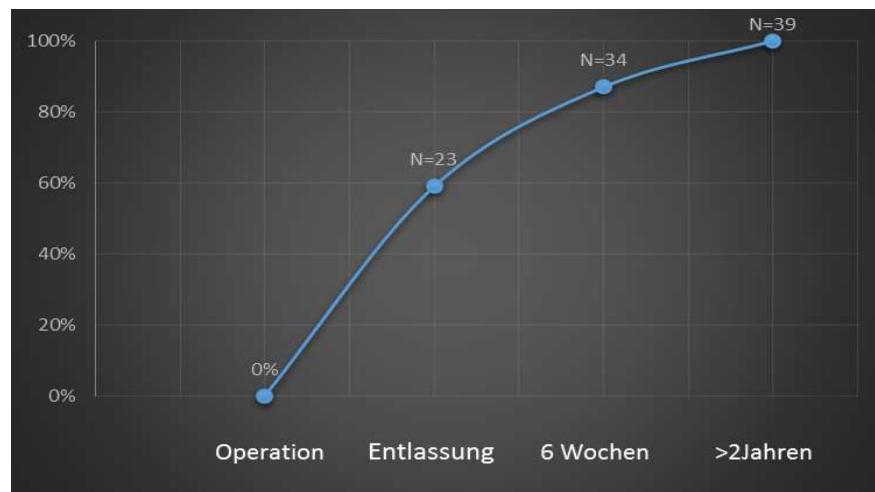
---

Bei 55,2% aller Patienten (N=53) wurden initial Paresen festgestellt. Zum Entlassungszeitpunkt wurde bei 43% dieser Patienten (N=23) eine komplettete Rückbildung verzeichnet. Bei N=14 Patienten (26%) wurde eine Besserung des Paresegrades dokumentiert und bei 30% (N=16) blieb dieser unverändert. 6 Wochen postoperativ zeigten weitere N=11 Patienten (37%) eine komplettete Rückbildung der Lähmung. Bei N=7 Patienten (23%) trat nur eine Besserung auf und bei N=12 Patienten (40%) blieb das motorische Defizit unverändert. In einem durchschnittlichen Zeitintervall von 4.5 Jahren postoperativ hatten nur noch N=5 von 19 Patienten (26%) eine komplettte Remission erreicht. N=14 Patienten (74%) hatten weiterhin Paresen.



**Abbildung 35. Postoperative Erholung der Paresen**

Die Langzeitergebnisse zeigten eine komplett Rückbildung der Paresen bei insgesamt N=39 (74%) von 53 Patienten. Das größte Erholungspotenzial der entsprechenden Kennmuskeln von 87% wurde in den ersten 6 Wochen postoperativ beobachtet.



**Abbildung 36. Remissionskurve der Paresen postoperativ**

Im Vergleich erkennt man bis zum Entlassungszeitpunkt eine schnelle Rückbildung der Paresen von über 50% sowohl bei den nicht voroperierten (56%) als auch bei den operierten (71%) Patienten. Die Erholungskurve stagniert bis 6 Wochen postoperativ im Falle der voroperierten Gruppe um danach im Follow up Zeitraum (4.5 Jahre) eine flachere Progression zu zeigen. Bei

der nicht voroperierten Gruppe bleibt die Steigung der Erholungskurve konstant so dass in den ersten 6 Wochen postoperativ 90% der kompletten Rückbildungen stattfanden.

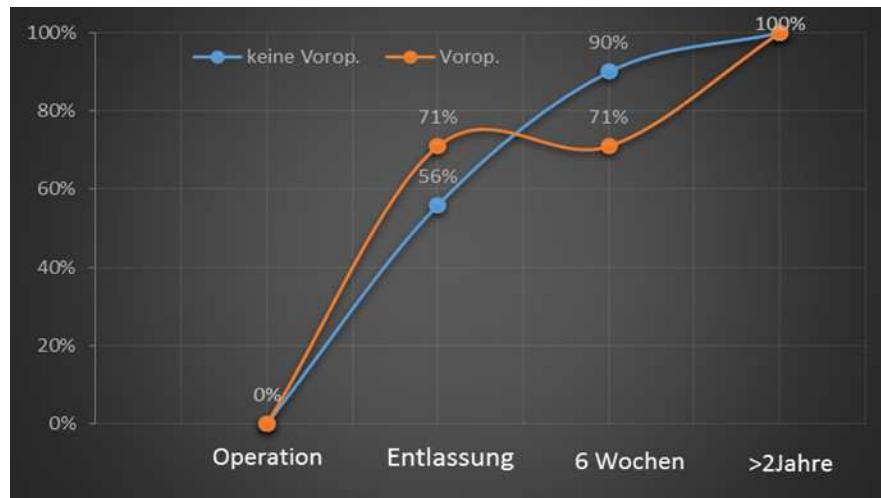


Abbildung 37. Verlauf der kompletten Rückbildung der Paresen bei voroperierten und nicht voroperierten Patienten

Bei einem durchschnittlichen Follow-up von 4.5 Jahren liegt die Verbesserungsrate bei 80% (N=32 von 40 Patienten) in der nicht voroperierten Gruppe und bei 54% (N=7 von 13 Patienten) in der voroperierten Gruppe.

Eine statistisch signifikante Differenz der Langzeitergebnisse bei Persistenz der Symptome weniger und mehr als 6 Wochen präoperativ konnte im Chi Quadrat Test nicht gefunden werden. Dieser ergab einen p Wert von 0.206 ( $p>0.05$ ).

### 2.8.3.3 Analgetikaverbrauch:

---

Die postoperativen Ergebnisse wurden auch anhand des präoperativen und des postoperativen Analgetikaverbrauches analysiert. Der unterschiedliche Schmerzmittelgebrauch wurde entsprechend des WHO Stufenschemas verfolgt. Zu Stufe 1 zählen die nicht-Opioidanalgetika (Diclofenac, Ibuprofen, Paracetamol, Metamizol, Coxibe), zu Stufe 2 die niedrigpotenten Opioide (Tramadol, Tilidin) und zu Stufe 3 die starkwirksamen Opioide (Piritramid, Morphin, Oxycodon). Hinsichtlich der Gesamtzahl der Patienten (N=96) erhielten bei Aufnahme N=90 (93,75%) eine Analgetikamedikation. Der gesamte Analgetikaverbrauch erreichte 6 Wochen postoperativ das niedrigste Niveau (31,25%) mit einer Reduzierung von über 60%. Allerdings beobachtet man im Rahmen des 4,5 jährigen Follow-up wieder eine leicht steigende Tendenz der Schmerzmittel-einnahme auf 37,25% (Abb.38).

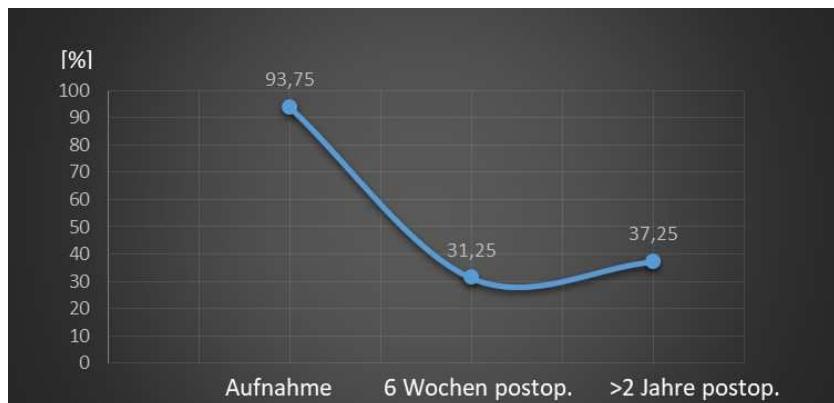


Abbildung 38. Schmerzmittelkonsum von präoperativ bis über 2 Jahre postoperativ

Ein großer Unterschied der Schmerzmitteleinnahme prä- und postoperativ bei Frauen und Männern existiert nicht. Langfristig kommt es bei den Männern zu einer Abnahme des Schmerzmittelverbrauchs auf 30,9%, im Vergleich zu den Frauen, die in einem Prozentsatz von 46,34% noch Schmerzmittelbedarf haben.

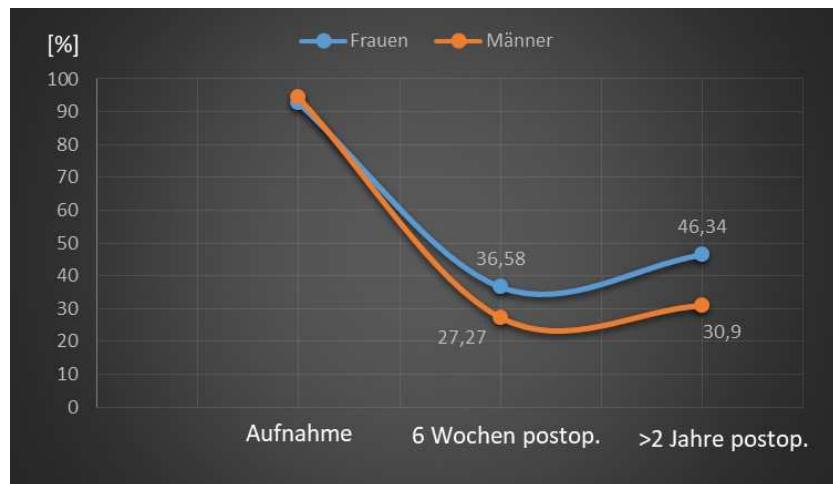
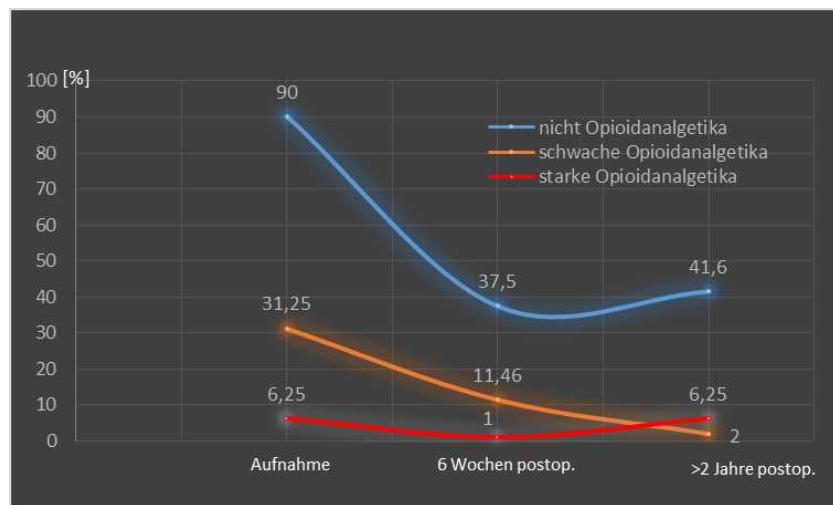


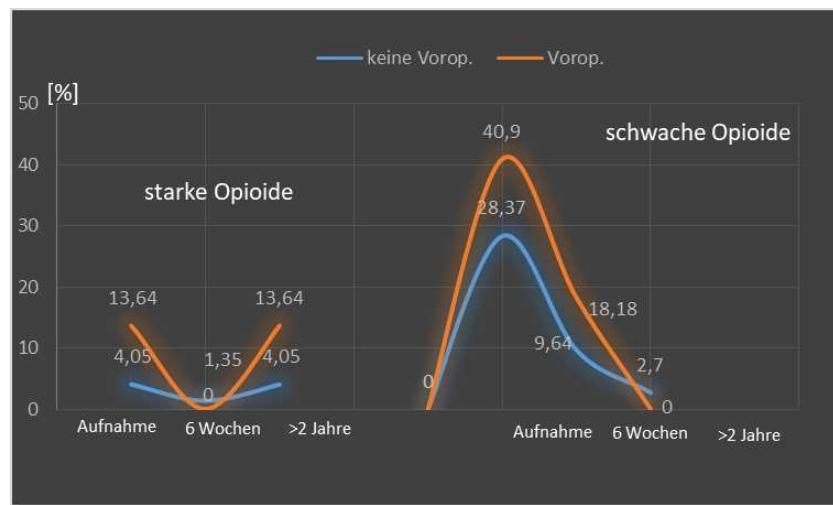
Abbildung 39. Schmerzmittelkonsum Frauen vs. Männer

90% (N=86) der Patienten waren bei der Aufnahme auf nicht-Opioidanalgetika eingestellt. 31,25% (N=30) brauchten schwache Opioide zur Schmerzkontrolle und nur 6,25% (N=6) starke Opioide. Postoperativ konnte schnell eine Reduzierung des Verbrauchs in allen drei Klassen von Schmerzmitteln erreicht werden. Das Minimum lag bei ca. 6 Wochen postoperativ für nicht Opioide und starke Opioide. Der Verbrauch an nicht Opioiden zeigt langfristig wieder eine leichte Zunahme von 4,1%. Bei den schon auf starke Opioide eingestellten Patienten (N=6) konnte man nur kurzzeitig (ersten 6 Wochen postoperativ) eine Reduzierung vornehmen. Langfristig konnte die operative Therapie bei diesen Patienten den Schmerzmittelkonsum nicht beeinflussen. Eine genauere Analyse zeigt, dass diese Patienten im gleichen Verhältnis sowohl zu der voroperierten als auch der nicht voroperierten Gruppe gehören. Hinweise für eine Instabilität ergaben sich im PLE Test bei 2 Patienten aus der voroperierten Gruppe und nur bei einem Patient aus der nicht voroperierten Gruppe. Die Instabilität könnte eine der Erklärungen sein für den späteren Wiederanstieg der starken Opioideinnahmen. Diese Aussage kann durch die aktuelle Untersuchung wegen der kleinen Patientenzahl (N=6) nur mit Vorsicht gestützt werden. Dagegen konnte man, im ganzen untersuchten Zeitintervall, eine anhaltende Reduzierung der schwachen Opioide beobachten.



**Abbildung 40. Schmerzmittelverbrauch im Vergleich**

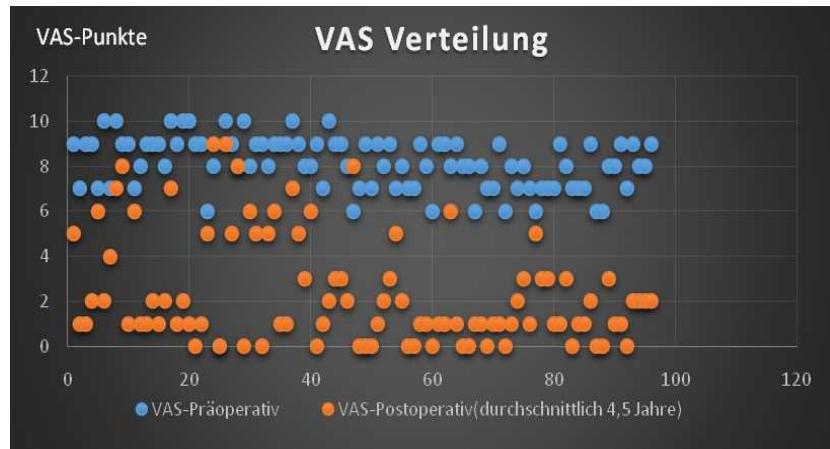
Die parallele Darstellung des Opioidkonsums bei den beiden Patientengruppen zeigt einen ähnlichen Verlauf im Follow up von 4.5 Jahren. Eine eindeutige Differenz ist, dass der Einsatz von starken Opioiden bei den voroperierten Patienten mehr als das Dreifache höher ist als bei den nicht-Voroperierten. Die schwachen Opiode wurden bei den Voroperierten nur 1,5-mal häufiger eingesetzt und wurden im Langzeitverlauf komplett abgesetzt. Nur im Falle eines Patienten (N=1) (4,5%) erfolgte eine Umstellung auf ein stärkeres Opioid.



**Abbildung 41. Vergleich des Opioid Einsatzes bei der beiden Patientengruppen (vor- und nicht voroperiert)**

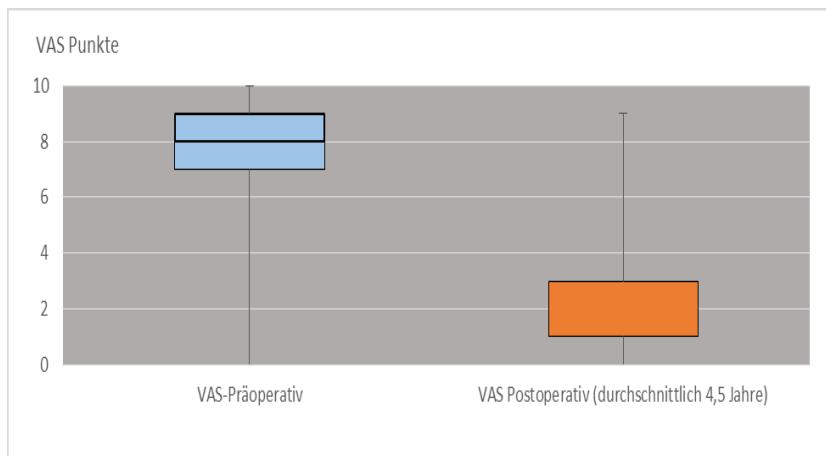
## 2.9 VAS-Analyse:

Nach Messen und Zuordnung des entsprechenden Wertes auf der Visuellen Analogskala wurden folgende Verteilungen präoperativ und durchschnittlich 4.5 Jahre postoperativ beobachtet:



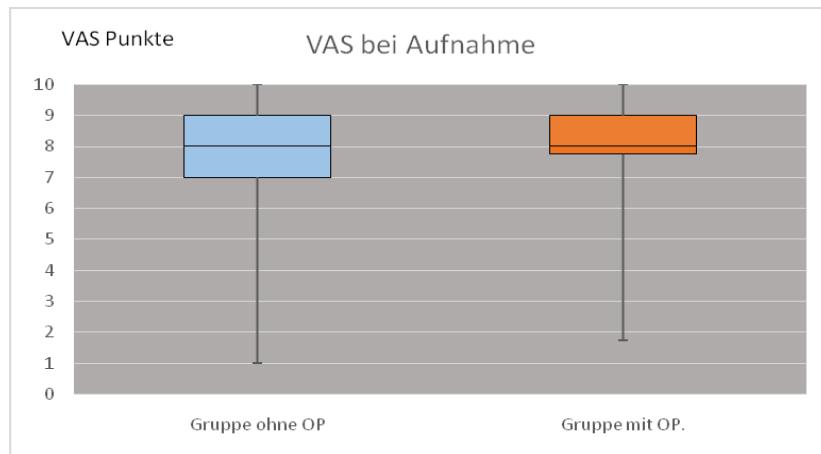
**Abbildung 42. Verteilung der VAS Werte prä- und postoperativ**

Die Patienten hatten bei Aufnahme einen Mittelwert von 8,07 und einen Median von 8 und im Rahmen der Nachuntersuchung wurde ein Mittelwert von 2,4 berechnet und der Median lag nun bei 1. Trotz der eindeutigen Besserung der subjektiven Schmerzsymptomatik im Verlauf muss man bemerken, dass die „Spannweite“ quasi unverändert geblieben ist (0-9). Der Unterschied erwies sich in dem Zweistichproben t-Test bei abhängigen Stichproben statistisch signifikant ( $p<0.05$ ) (s. Abb.43).



**Abbildung 43. VAS Median-Werte prä- und postoperativ. Signifikanter Unterschied ( $p<0.05$ )**

Betrachtet man nun beide Gruppen nach VAS ohne nach weiteren Kriterien zu differenzieren erhält man folgende Ergebnisse: Bei Aufnahme zeigten beide Gruppen einen Median von 8, unterscheiden sich also was die Verteilung der präoperativen Schmerzsymptomatik anbelangt nicht (s. Abb. 44).



**Abbildung 44. VAS Median-Werte bei Aufnahme,**  
Gruppenvergleich-Verteilung der Werte zwischen nicht voroperierten Gruppe ( $n=77$ ) und der voroperierten Gruppe ( $n=22$ ) bei Aufnahme. Kein signifikanter Unterschied ( $p>0.05$ )

Im Rahmen der Nachuntersuchung (durchschnittlich 4.5 Jahren postoperativ) zeigten die Patienten beider Gruppen eine deutliche Reduzierung der Schmerzintensität. Die Abnahme zeigte sich im Student t-Test innerhalb der Gruppen als statistisch relevant ( $p<0.05$ ).

<b>Keine Voroperation</b>	VAS Aufnahme	VAS Nachuntersuchung
Mittelwert	8,184210526	2,5
t-Statistik	31,60110974	
P( $T \leq t$ ) einseitig	$2,16262 \times 10^{-45}$	
Kritischer t-Wert bei einseitigem t-Test	1,665425373	
<b>Voroperation</b>	VAS Aufnahme	VAS Nachuntersuchung
Mittelwert	8,318181818	4,045454545
t-Statistik	7,297908733	
P( $T \leq t$ ) einseitig	$1,73797 \times 10^{-7}$	
Kritischer t-Wert bei einseitigem t-Test	1,720742903	

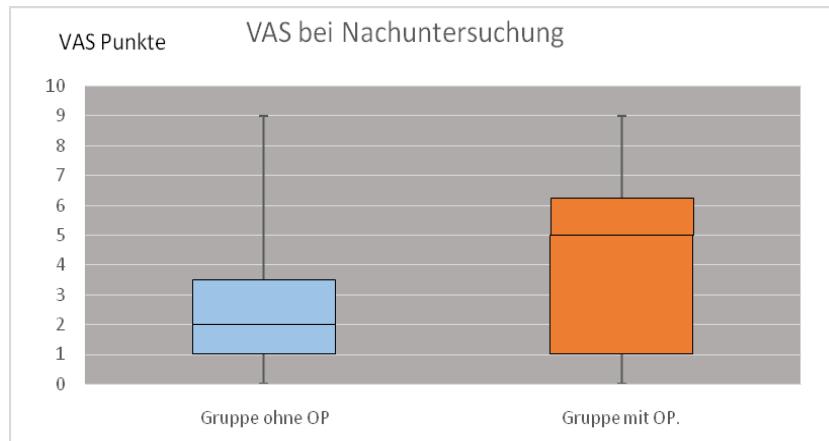
**Tabelle 3. Ergebnisse t-Test: VAS Reduzierung innerhalb der Gruppen ( $p<0.05$ )**

In der nicht voroperierten Gruppe betrug der VAS in Median 2, in der voroperierten Gruppe noch 5. Der Unterschied in der Schmerzreduktion zwischen den beiden Gruppen zeigte sich nun im Vergleich zu präoperativ als statistisch signifikant ( $p<0.05$ ).

<b>VAS -Nachuntersuchung</b>	<b>nicht vorop. Gruppe</b>	<b>vorop. Gruppe</b>
Mittelwert	2,467532468	4,045454545
Freiheitsgrade (df)	29	
t-Statistik	-2,331719354	
P( $T \leq t$ ) zweiseitig	<b>0,026868668482597</b>	
Kritischer t-Wert bei zweiseitigem t-Test	2,0452296421327	

**Tabelle 4. Ergebnisse t-Test: VAS Reduzierung Gruppenvergleich ( $p<0.05$ )**

Der negative t-Wert („t-Statistik“) muss als Modul mit dem kritischen t-Wert verglichen werden, da es sich um einen zweiseitigen Student-t-Test handelt.



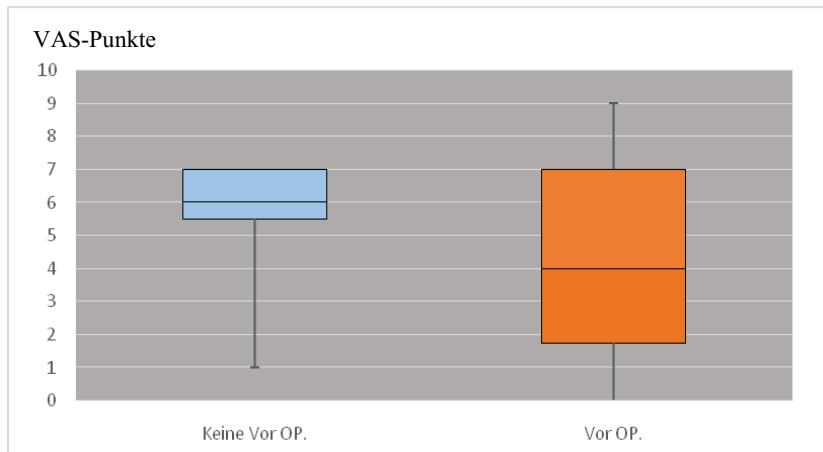
**Abbildung 45. VAS Median-Werte bei Nachuntersuchung ,Gruppenvergleich–Verteilung der Werte zwischen der nicht voroperierten Gruppe ( $n=77$ ) und der voroperierten Gruppe ( $n=22$ ) bei Kontrolle(4.5 Jahre), Signifikanter Unterschied ( $p<0.05$ ).**

Die Verbesserung des VAS-Wertes anhand der Median-Werte für jeweils beide Gruppen wurde berechnet und in Abb.46 dargestellt. Dafür erfolgte innerhalb jeder Gruppe die Berechnung für jeden Patienten der Differenz der VAS Werte prä- und postoperativ und danach aus den resul-

tierenden Werten der Median-Wert. Die mathematischen Regeln erlauben nicht eine einfache Subtraktion oder Addition von Median-Werten. Somit betrug die Verbesserung der VAS von der Aufnahme bis zur Nachuntersuchung innerhalb der vorher nicht operierten Patienten in den Median 6 Punkten und innerhalb der voroperierten Gruppe nur 4 Punkte. Der Unterschied von 2 Punkten erwies sich in den t-Test für unabhängige Stichproben als statistisch signifikant ( $p<0.05$ ).

<b>Median der Diff. prä- und postop.</b>	<b>nicht vorop. Gruppe</b>	<b>vorop. Gruppe</b>
Mittelwert	5,688311688	4,272727273
Freiheitsgrade (df)	25	
t-Statistik	2,313771033	
P( $T \leq t$ ) einseitig	<b>0,014594201</b>	
Kritischer t-Wert bei einseitigem t-Test	1,708140761	

**Tabelle 5. Ergebnisse t-Test: Verbesserung der Median Werte voroperierte vs. nicht voroperierte Gruppe ( $p<0.05$ )**



**Abbildung 46. VAS Median-Werte der Verbesserung, Gruppenvergleich – Verteilung der Werte zwischen der nicht voroperierten Gruppe ( $n=77$ ) und der voroperierten Gruppe ( $n=22$ ) nach Subtraktion der postoperativen von präoperativen VAS-Werte. Signifikante Unterschied ( $p<0.05$ ).**

## 2.10 ODI-Score:

---

Die Ausrechnung des ODI Score nach Ausfüllung des Fragebogens durch die Patienten im Rahmen der Nachuntersuchung (>2 Jahre postoperativ) ergab folgende Ergebnisse.

ODI Score	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
.00	12	12,5	12,5	12,5
.02	6	6,3	6,3	18,8
.02	4	4,2	4,2	22,9
.04	7	7,3	7,3	30,2
.04	2	2,1	2,1	32,3
.06	2	2,1	2,1	34,4
.07	4	4,2	4,2	38,5
.09	2	2,1	2,1	40,6
.10	4	4,2	4,2	44,8
.11	4	4,2	4,2	49,0
.12	2	2,1	2,1	51,0
.13	2	2,1	2,1	53,1
.14	3	3,1	3,1	56,3
.16	1	1,0	1,0	57,3
.18	3	3,1	3,1	60,4
.18	2	2,1	2,1	62,5
.20	3	3,1	3,1	65,6
.22	3	3,1	3,1	68,8
.24	1	1,0	1,0	69,8
.24	2	2,1	2,1	71,9
.26	2	2,1	2,1	74,0
.28	1	1,0	1,0	75,0
.29	2	2,1	2,1	77,1
.30	1	1,0	1,0	78,1
.31	1	1,0	1,0	79,2
.32	1	1,0	1,0	80,2
.33	1	1,0	1,0	81,3
.34	2	2,1	2,1	83,3
.36	2	2,1	2,1	85,4
.38	2	2,1	2,1	87,5
.46	1	1,0	1,0	88,5
.51	1	1,0	1,0	89,6
.54	4	4,2	4,2	93,8
.56	1	1,0	1,0	94,8
.56	2	2,1	2,1	96,9
.60	1	1,0	1,0	97,9
.62	1	1,0	1,0	99,0
.82	1	1,0	1,0	100,0
Total	96	100,0	100,0	

Tabelle 6. Ergebnisse des ODI Scores

Von 96 Patienten gaben im Langzeitverlauf N=63 „minimale Einschränkungen (0-20%)“ an. Sie können die meisten alltäglichen Aktivitäten bewältigen, sollten aber die Regeln der Rückenschule beachten. N=21 Patienten gaben „mäßige Einschränkungen“ von 21-40% an. Die meistens

belastungsabhängigen Restbeschwerden dieser Patienten können konservativ behandelt werden. N=10 Patienten gaben „schwere Einschränkungen“ von 41-60% an. Bei dieser Gruppe sind die persistierenden Schmerzen das Hauptproblem.

Jeweils N=1 Patient gab eine „starke Behinderung (61-80%)“ beziehungsweise eine „schwere Behinderung (81-100%)“ an. Beide Patienten hatten in der Anamnese Voroperationen an der Wirbelsäule. Bei dem Patienten mit starker Behinderung erfolgte ein Hausbesuch zur Datenerhebung. Es war ein 85 jähriger Patient mit auf der Hausebene schon präoperativ eingeschränkter Mobilität. Der Patient mit „schwerer Behinderung“ stellte sich selbstständig zur Nachuntersuchung in der Klinik vor. Da eindeutig eine Bettlägerigkeit nicht vorlag, wurde in diesem Fall das Ergebnis als eine Übertreibung der Symptome interpretiert. Eine prozentuelle Zusammenfassung der Ergebnisse des ODI Scores ist in der unteren Abbildung dargestellt.

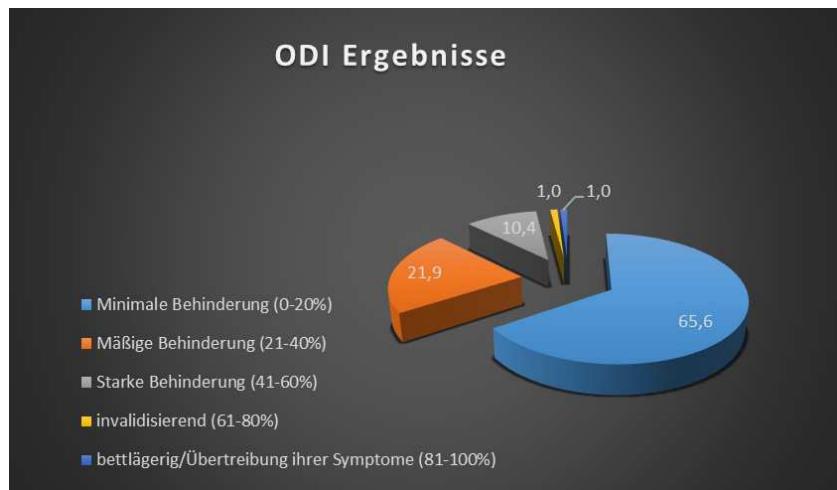
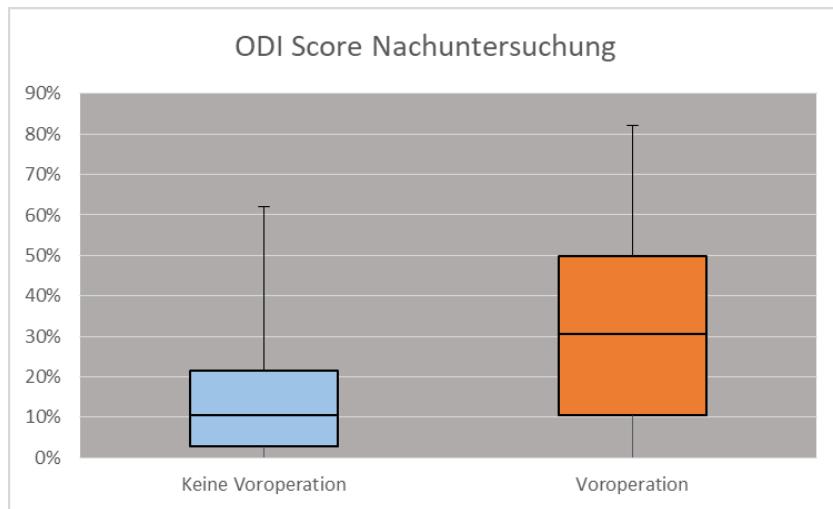


Abbildung 47. Ergebnisse des postoperativen ODI- Scores

Von den insgesamt 63 Patienten mit minimalen Einschränkungen hatten 12 Patienten 0 Punkte im ODI Score, was einem Anteil von 12,5% der gesamten Patientenzahl entspricht. Von der Gesamtzahl der Patienten haben bei der ersten Frage bezüglich Schmerzintensität N=40 Patienten „keine momentane Schmerzen“ angegeben. Das entspricht einem Prozentanteil von 42%. Zum Vergleich wurden insgesamt bei N=49 Patienten (51%) in der VAS, Werte zwischen 0 und 1 angegeben. Betrachtet man die voroperierte- bzw. nicht voroperierten-Gruppe ohne nach weiteren Kriterien zu differenzieren, erhält man folgende Ergebnisse: Die voroperierten Patienten hatten (s.Abb.48) im Median einen ODI-Wert von 30%. Die nicht-Voroperierten Patienten mit

einem Median von 11% zeigten postoperativ eine deutlich geringere Beeinträchtigung. Dieser Unterschied erwies sich im Student t-Test als statistisch signifikant ( $p=0.02$ ). Dabei ist zu beachten, dass in der voroperierten Gruppe eine deutliche höhere „Spannweite“ (von 0% bis 82%) der Ergebnisse gefunden werden konnte.

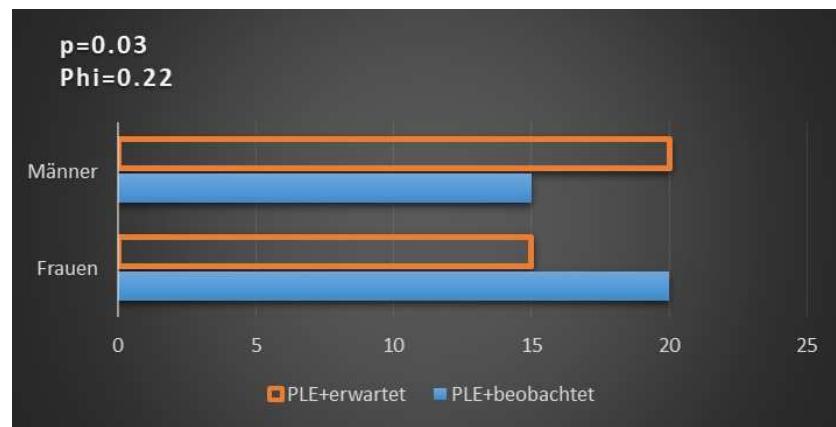


**Abbildung 48. ODI-Werte postoperativ-**  
Verteilung der Werte zwischen den beiden Gruppen nach der Operation. Signifikanter Unterschied ( $p<0.05$ )

## 2.11 Der PLE Test.

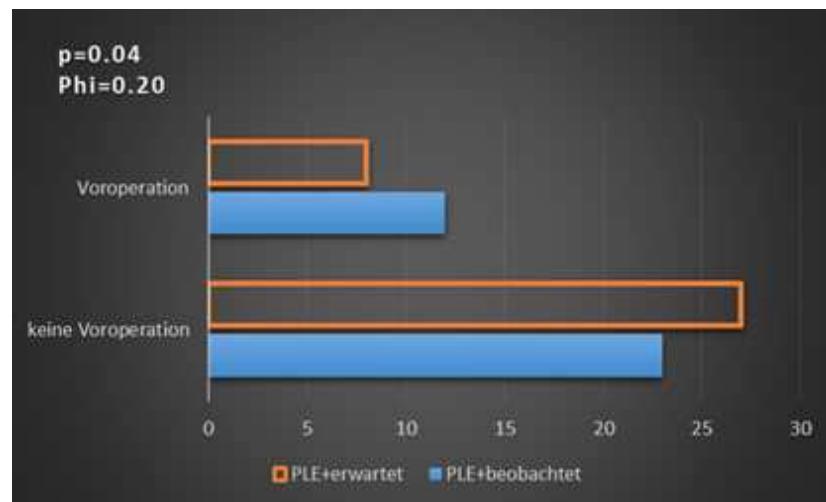
---

Die Verarbeitung der Ergebnisse zeigte, dass der Test bei insgesamt 35 Patienten (36,5%) positiv war. Hiervon waren 20 Frauen und 15 Männer. Nach Analyse der Unterschiede zwischen den beobachteten und zu erwarteten Häufigkeiten, im Rahmen des Chi-Quadrat Testes, zeigten sich die Differenzen als statistisch signifikant ( $p<0.05$ ). Die Frauen zeigten somit postoperativ eine höhere, statistisch signifikante Inzidenz an postoperativen positiven PLE Tests als Männer. Die Ermittlung der Effektstärke (Phi) war aber mit einem Wert von 0.22 als schwach zu werten (s. Abb.49).



**Abbildung 49. Unterschied beobachtete-erwartete positive PLE Tests ( $p<0.05$ )**

Führt man die gleiche Analyse an der nicht voroperierten und der voroperierten Gruppe durch, erhält man folgende Ergebnisse: Die voroperierten Patienten hatten deutlich höhere PLE positive Tests als erwartet. Der Unterschied war mit  $p<0.05$  statistisch signifikant. Auch hier war die Effektstärke des Chi-Quadrat Tests ( $\Phi=0.20$ ) schwach (s. Abb.50).



**Abbildung 50. Unterschied beobachtete-erwartete positive PLE Tests bei nicht voroperierten und voroperierten Patienten ( $p<0.05$ )**

Die im Chi-Quadrat Test untersuchte Differenz zwischen den positiven PLE Tests nach durchgeführten Operationen in den unteren (L4/5 und L5/S1) und oberen (L2/3 und L3/4) Etagen war statistisch nicht signifikant ( $p>0.05$ ).

## 2.12 Dauer der Arbeitsunfähigkeit:

---

Abgesehen von der N=37 Rentnergruppe (38,5%) wurden die übrigen Patienten anhand ihres Berufes in drei Gruppen unterteilt: **Gruppe I** (N=27; 28,1%) Arbeiten mit ungünstiger Körperhaltung (z.B. Maurer, Maler, Putzer, Physiotherapeut, Schwester, Arzt, Friseur etc.); **Gruppe II** (N=7; 7,3%) Langes Arbeiten im Sitzen (Berufsfahrer, Sekretärin, Büroarbeiter, EDV Mitarbeiter etc.), **Gruppe III** (N=2; 2,1%)- andere Berufe und **Gruppe IV** (N=23; 24%) Arbeitslose. Präoperativ lag die Arbeitsunfähigkeit im Median bei 14 Tagen und postoperativ bei 49 Tagen. Die maximale Krankschreibung lag präoperativ bei 240 Tagen und postoperativ bei 365 Tagen (s. Abb.51).

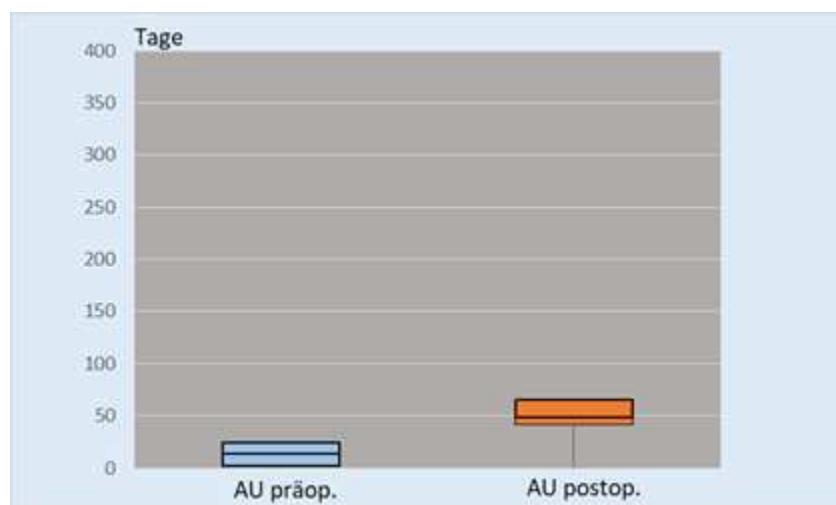
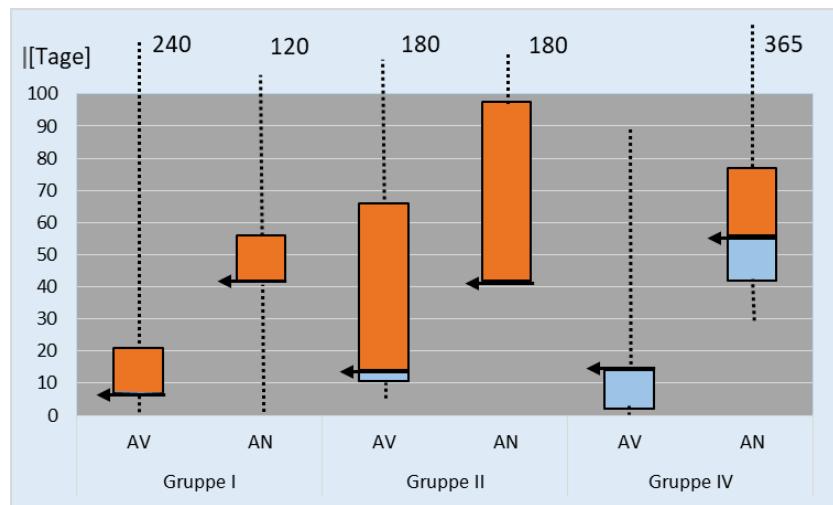


Abbildung 51. Dauer der Arbeitsunfähigkeit prä- und postoperativ des gesamten Patientenkollektives

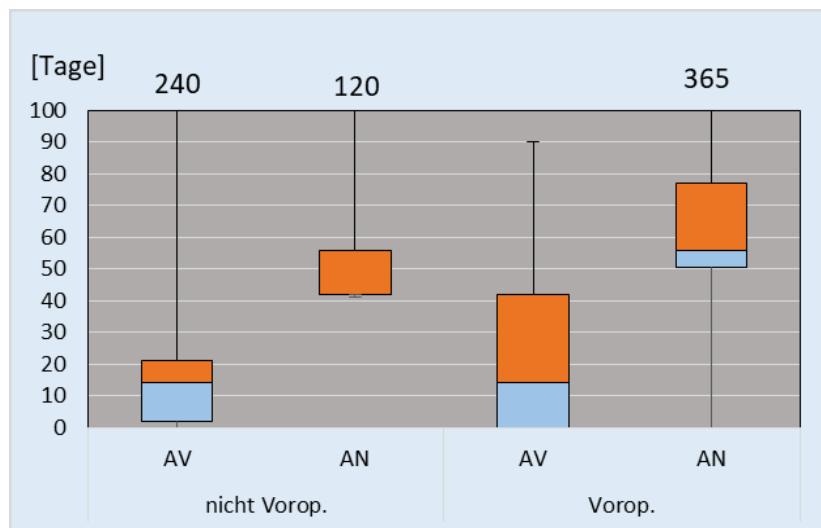
Die Dauer der Arbeitsunfähigkeit innerhalb der einzelnen Berufsgruppen zeigte präoperative Werte im Median 7 Tage in Gruppe I und 14 Tage in Gruppe II. Die Gruppe III mit nur 2 Patienten wurde nicht mitgerechnet. Bei den Arbeitslosen (Gruppe IV) lag der Median ebenfalls bei 14 Tage. Hingegen zeigt sich postoperativ in der Gruppe IV eine etwas längere Krankschreibung im Median bei 56 Tage. Die Arbeitsunfähigkeit bei den Gruppen I und II lag im Median bei 42 Tagen.



**Abbildung 52. Arbeitsunfähigkeit prä-und postoperativ nach Beschäftigungsarten**

-Verteilung der Werte zwischen der beschäftigten-(Gruppe I+II) und arbeitslosen-Patienten (Gruppe IV); AV-Arbeitsunfähigkeit vor Operation; AN-Arbeitsunfähigkeit nach Operation

Die hauptsächlich im Sitzen arbeitenden Patienten zeigten im Vergleich zu den anderen Kategorien eine deutlich höhere „Spannweite“ der Ergebnisse. Die längere Arbeitsunfähigkeit (postoperativ) der Arbeitslosen erwies sich im Student t-Test als statistisch nichtsignifikant ( $p=0,09$ ;  $p>0,05$ ). Die Arbeitsunfähigkeit präoperativ lag bei beiden Gruppen (nicht-Voroperierte und Voroperierte) im Median bei 14 Tagen. Die postoperative Erholung war aber im Median länger bei der voroperierten Gruppe (56 gegenüber 42 Tage). Der Unterschied war statistisch nicht signifikant ( $p>0,05$ ) (s. Abb.53).



**Abbildung 53. Arbeitsunfähigkeit prä-und postoperativ, Gruppenvergleich**

-Verteilung der Werte zwischen der nicht voroperierten und voroperierten Gruppe/ AV-Arbeitsunfähigkeit vor Op.; AN-Arbeitsunfähigkeit nach Op.

## 2.13 Berufliche Wiedereingliederung:

---

N=32 Patienten von insgesamt 36 konnten wieder in ihren alten Beruf einsteigen. N=3 Patienten sind in die Rente gegangen, wobei bei N=2 das gesetzliche Renteneintrittsalter erreicht wurde. Nur N=1(2,8%) Patient erhielt eine Erwerbsminderungsrente. Dieser Patient hatte anamnestisch Voroperationen an der Wirbelsäule. N=1 (2,8%) Patient hat eine Berufsumschulung durchgeführt. Zu bemerken ist, dass die Operation in dem durchschnittlichen 4,5 jährigen Follow-up keine Veränderung in der Arbeitslosigkeit bewirkt hat.

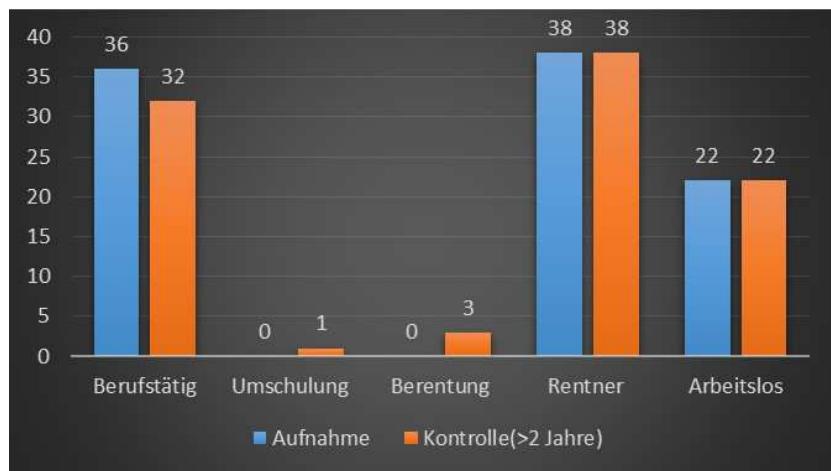


Abbildung 54. Berufliche Wiedereingliederung der Patienten nach der Operation

## 2.14 Prädiktivität:

---

Ein eventueller prädiktiver Wert klinischer Befunde wurde anhand der multiplen linearen Regression untersucht. Unter der Annahme, dass allgemein die Therapieergebnisse, Operationsergebnisse in dieser Arbeit, selten monokausale Phänomene sind, wurde die Regressionsanalyse benutzt. Das statistische Verfahren versucht eine beobachtete abhängige Variable durch mehrere unabhängige Variablen zu erklären. Als abhängigen Variablen wurden der Reihe nach VAS, ODI und PLE analysiert. Als unabhängigen Variablen wurden demographische Daten sowie die erhobene Daten zur Anamnese, Diagnose und zur durchgeführten Therapie gewählt. Die untersuchten Modelle und Ergebnisse werden im Folgenden dargestellt.

### VAS präoperativ:

In der ersten Regressionsanalyse zur Bestimmung eventueller Faktoren, die den präoperativen VAS beeinflussen könnten, wurden die in der „Coefficients“-Tabelle aufgelisteten Variablen eingeschlossen.

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.405 <sup>a</sup>	.164	.019	1.388

Tabelle 7. SPSS Ausgabe-Modellübersicht (VAS präoperativ)

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	30.526	14	2.180	1.132	.344 <sup>a</sup>
	Residual	155.963	81	1.925		
	Total	186.490	95			

Tabelle 8. SPSS Ausgabe ANOVA(VAS präoperativ)

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients		t	Sig.
		B	Std. Error	Beta			
1	(Constant)	6.413	2.217			2.893	.005
	Geschlecht	.409	.316	.145	1.293	.200	
	Alter	.000	.015	.000	-.001	.999	
	BMI	.031	.034	.112	.916	.362	
	Diabetes mellitus	.490	.473	.124	1.036	.303	
	Herzkreislauferkrankungen	-.419	.358	-.150	-1.171	.245	
	Nikotinabusus	.712	.473	.180	1.504	.136	
	Psychotherapie	-.283	.313	-.100	-.905	.368	
	PRT	-.227	.533	-.047	-.425	.672	
	L34	-.413	.697	-.137	-.593	.555	
	L45	-.157	.705	-.055	-.222	.825	
	L5S1	-1.126	.754	-.339	-1.492	.140	
	BSV Extraforaminal	.681	1.489	.241	.458	.648	
	BSV Intraforaminal	.805	1.455	.284	.554	.581	
	BSV intra_Extra_foraminal	.182	.401	.063	.453	.651	

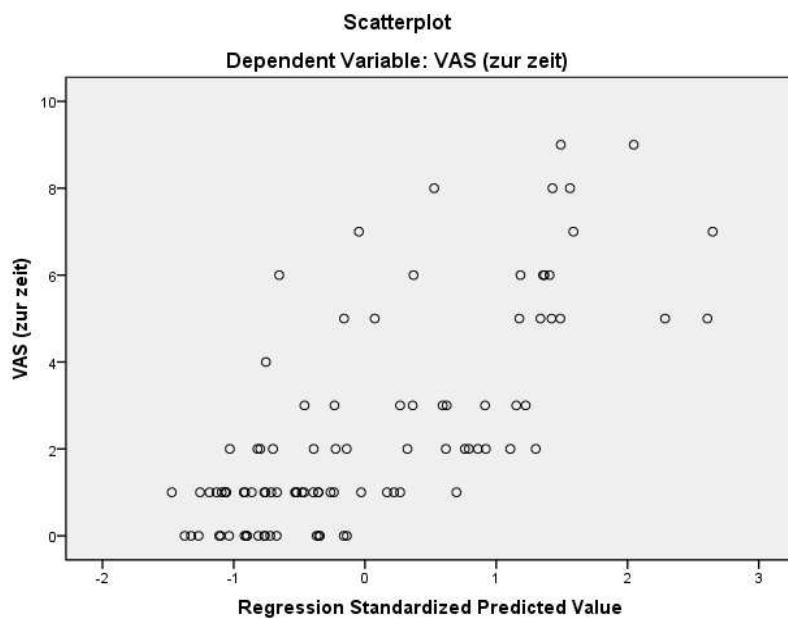
a. Dependent Variable: VAS (vor der Operation)

Tabelle 9. SPSS Ausgabe Koeffizienten (VAS präoperativ)-Spalte B zeigt die Regressionskoeffizienten, Spalte Beta die standardisierten Regressionskoeffizienten. Spalte Sig. liefert den p-Wert und gibt die statistische Signifikanz an

Die Ergebnisse für dieses Modell zeigen keine statistische Signifikanz, da  $p$  (Sig.) in der ANOVA Analyse größer ist als 0.05. Ebenfalls das kleine Bestimmtheitsmaß  $R^2$  (angepasstes R-Quadrat) spricht für eine schlechte Modellanpassung („poor model fit“). Deshalb erfolgte sekundär die Entfernung der Faktoren die einen kleinen absoluten Beta Wert hatten. Auch in der neuen Analyse konnte kein statistisch signifikantes Modell gefunden werden. Man kann mutmaßen, dass in diesem Fall die präoperativ erhobene VAS kein operationalisierbarer Indikator darstellt der durch objektive Faktoren erklärt werden kann.

### **VAS postoperativ :**

Untersucht man aber VAS postoperativ unter Hinzufügen der operationsgebundenen Daten im Modell, des Berufsstatus und des PLEs, findet man eine klare statistische Signifikanz ( $p=0.01$ ). In der Abb.55 (Streudiagramm) ist ein gewisser Trend erkennbar (63).



**Abbildung 55. Streudiagramm VAS postoperativ**

Im gewählten linearen Regressionsmodell wurde eine Güte von 0.473 (angepasstes R-Quadrat) erreicht. Das heißt 47% der Varianz der abhängigen Variable wird durch die unabhängigen Variablen erklärt. Für drei von den gewählten Faktoren (PLE Test, Op. Zeit und frühere LWS Beschwerden) konnte ein statistisch signifikanter Einfluss nachgewiesen werden ( $p<0.05$ ). Der

PLE Test hat allein den stärksten Einfluss auf den VAS (nicht standardisierte Regressionskoeffizient B von 2.529), gefolgt von „frühere LWS Beschwerden“ (B=0.955) und „Op.-Zeit“ (B=0.035). Vergleicht man nun die Richtung und Stärke der Faktoren untereinander zeigen alle drei einen positiven Effekt (positive Beta Werte) wobei der PLE Test mit einem standardisierten Regressionskoeffizient von 0.507 den stärksten Effekt auf das VAS ausübt. Durch die angewendete Schrittweise-Methode (Rückwärtsselektion), mit Entfernung der Faktoren, die einen kleinen Beta und großen Sig. Wert hatten, konnten am Ende keine weiteren statistisch signifikanten Variablen mit Einfluss auf VAS gefunden werden.

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.761 <sup>a</sup>	.579	.473	1.751

**Tabelle 10. SPSS Ausgabe-Modellübersicht (VAS-postoperativ)**

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	319.900	19	16.837	5.490	.000 <sup>a</sup>
	Residual	233.059	76	3.067		
	Total	552.958	95			

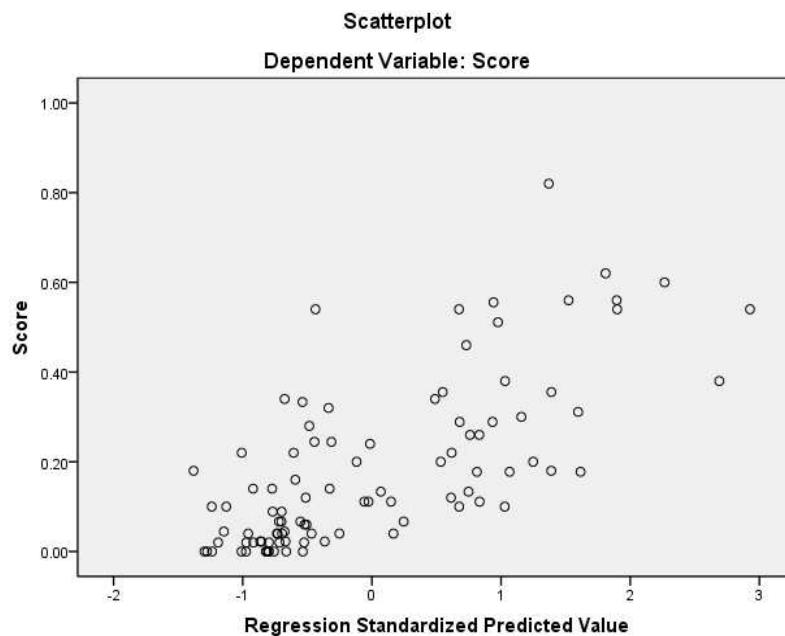
**Tabelle 11. SPSS Ausgabe ANOVA (VAS-postoperativ)**

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients		t	Sig.
		B	Std. Error	Beta			
1	(Constant)	1.434	2.513			.570	.570
	Geschlecht	.487	.416	.100	1.171	.245	
	Alter	-.024	.024	-.107	-1.014	.314	
	BMI	-.074	.044	-.156	-1.687	.096	
	Diabetes mellitus	.575	.664	.085	.866	.389	
	Herzkreislauferkrankungen	-.335	.467	-.070	-.718	.475	
	Nikotinabusus	.581	.635	.085	.914	.363	
	Schmerzanamnese	-.047	.406	-.010	-.116	.908	
	Fruhere LWS Beschwerden	.955	.442	.196	2.161	.034	
	Lumbalgien	.225	.519	.037	.434	.665	
	Femuralgien	1.105	.871	.225	1.268	.209	
	Ischialgien	1.451	.875	.300	1.658	.101	
	PLE	2.529	.457	.507	5.537	.000	
	Op.Zeit	.035	.017	.182	2.059	.043	
	Freier Sequester	-.054	.455	-.010	-.118	.906	
	Ausraumung	.233	.591	.033	.395	.694	
	Bandscheibenfach						
	Ganglion Läsion	.976	.693	.118	1.407	.163	
	Duraverletzung	-1.692	2.029	-.072	-.834	.407	
	Berufstätig	-.901	.570	-.179	-1.581	.118	
	Arbeitslos	-1.193	.641	-.212	-1.860	.067	

**Tabelle 12. SPSS Ausgabe Koeffizienten (VAS-postoperativ)-Spalte B zeigt die Regressionskoeffizienten, Spalte Beta die standardisierten Regressionskoeffizienten. Spalte Sig. liefert den p-Wert und gibt die statistische Signifikanz an**

### ODI-Score:

Für den ODI Score als abhängige Variable wurde ebenfalls ein Regressionsmodell aufgebaut mit allen theoretisch relevanten unabhängigen Variablen. In der Abb.56 (Streudiagramm) werden die gefundenen Werte gegen die vorhergesagten Werte geplottet. Hier ist im Vergleich zum VAS Streudiagramm eine klarere Linearität zu erkennen (63).



**Abbildung 56. Streudiagramm ODI-Score**

Das errechnete Modell zeigt, dass eine statistisch signifikante Assoziation zwischen der Antwortvariablen und dem Term besteht ( $p=0.01$ ). Bei einem angepasstem R-Quadrat Wert von 0.411 erklärt das Modell etwa 41% der Varianz des ODI Scores. Von den ausgewählten Faktoren zeigte nur der PLE Test einen statistisch signifikanten Einfluss ( $p=0.01$ ). Grenzwertig zeigte sich die OP-Zeit mit einem p-Wert von 0.59. Die wiederholte Analyse nach Entfernung weniger relevanter Faktoren (kleine Beta Werte, große P-Werte) erbrachte nun eine statistische Signifikanz für die OP-Zeit ( $p<0.05$ ) ohne einen signifikanten Einfluss für die gebliebenen Faktoren erkennen zu können.

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.731 <sup>a</sup>	.535	.411	.14136

**Tabelle 13. SPSS Ausgabe-Modellübersicht (ODI-Score)**

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	1.722	20	.086	4.309	.000 <sup>a</sup>
	Residual	1.499	75	.020		
	Total	3.221	95			

Tabelle 14. SPSS Ausgabe ANOVA (ODI-Score)

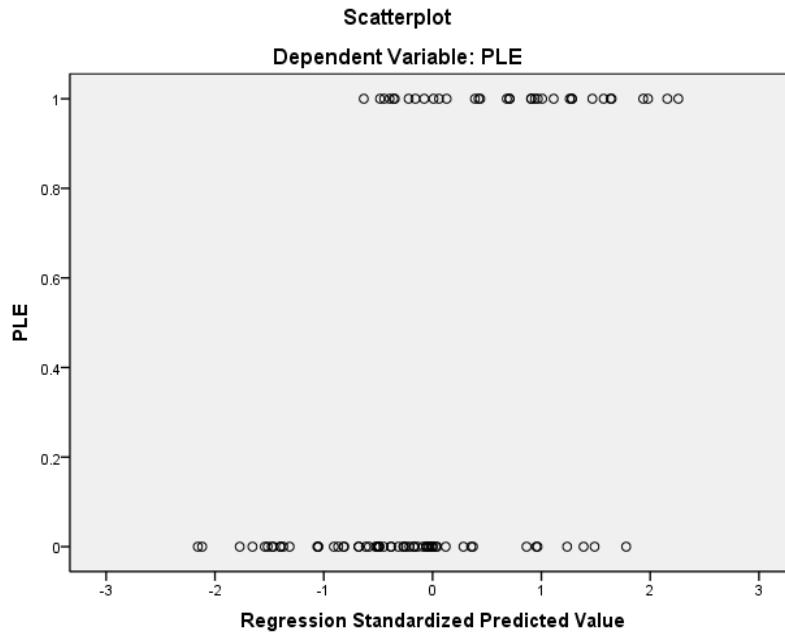
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients Beta	T	Sig.
		B	Std. Error			
1	(Constant)	-.177	.206		-.858	.394
	Geschlecht	.038	.034	.103	1.127	.263
	Alter	.000	.002	-.006	-.053	.958
	BMI	-.003	.004	-.079	-.798	.427
	Diabetes mellitus	.069	.055	.133	1.268	.209
	Herzkreislauferkrankungen	.003	.040	.008	.073	.942
	Nikotinabusus	.025	.052	.049	.491	.625
	Schmerzamnese	.022	.033	.060	.667	.507
	Frühere LWS Beschwerden	.024	.037	.065	.660	.511
	Lumbalgien	-.012	.043	-.025	-.272	.787
	Femuralgien	.092	.070	.246	1.307	.195
	Ischialgien	.098	.071	.267	1.382	.171
	<b>PLE</b>	<b>.192</b>	<b>.038</b>	<b>.504</b>	<b>5.067</b>	<b>.000</b>
	Op.Zeit	.003	.001	.179	1.916	.059
	Freier Sequester	.017	.037	.042	.455	.650
	Ausräumung	-.007	.048	-.014	-.156	.877
	Bandscheibenfach					
	Ganglion Läsion	.051	.056	.082	.917	.362
	Dura Verletzung	-.195	.164	-.108	-1.193	.237
	Berufstätig	.037	.116	.096	.316	.753
	Rentner	.103	.120	.275	.859	.393
	Arbeitslose	.056	.123	.131	.456	.649

Tabelle 15. SPSS Ausgabe Koeffizienten (ODI-Score)-Spalte B zeigt die Regressionskoeffizienten, Spalte Beta die standardisierten Regressionskoeffizienten. Spalte Sig. liefert den p-Wert und gibt die statistische Signifikanz an

In die oben dargestellten Regressionsmodelle zeigte sich der PLE Test als ein statistisch signifikanter Faktor mit dem stärksten Effekt sowohl in der Erklärung des VAS postoperativ (standardisierten Regressionskoeffizient von 0.507) als auch des ODI Scores (standardisierten Regressionskoeffizient von 0.504) bei der Nachuntersuchung. Deshalb wurde als nächstes auch der PLE Test als Antwortvariable in einem Regressionsmodell analysiert, um zu verstehen welche Faktoren die Ergebnisse bestimmen.

### **PLE-Test:**

Da der PLE-Test eine dichotome Variable ist und nur die Werte 0 oder 1 annehmen kann, sieht das Streudiagramm folgendermaßen aus (Abb.57). Es ist daraus zu erkennen, dass die gewählten Faktoren einen Effekt auf den PLE-Test zeigen, auch wenn dieser gering, ist er aber statistisch signifikant.



**Abbildung 57. Streudiagramm PLE-Score**

In der durchgeführten Regressionsanalyse liegt der p-Wert unter 0.05 aber die Güte des Models (korrigiertes R-Quadrat) bei nur bei 0.124. Der Wert ist mit 0.124 nicht sehr gut, d.h. 12.4% der Varianz der Kriteriumsvariable wurden durch die gewählten Prädiktoren aufgeklärt (87,6% sind unbekannt). „Korrigiertes R-Quadrat ist aber eine Korrektur in die die Zahl der Merkmalsträger und Prädiktoren eingehen. Sie dient der besseren Schätzung der Population. Die Qualität dieser Berechnung ist aber umstritten“ (64). Wenn wir uns aus diesem Grund auf den R-Quadrat Wert (erklärte Varianz) beziehen, dann erklärt das aufgestellte Modell 29% der Varianz.

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.538 <sup>a</sup>	.290	.124	.453

Tabelle 16. SPSS Ausgabe-Modellübersicht (PLE-Score)

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	6.442	18	.358	1.745	.049 <sup>a</sup>
	Residual	15.797	77	.205		
	Total	22.240	95			

Tabelle 17. SPSS Ausgabe ANOVA (PLE-Score)

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error			
1	(Constant)	-.236	.791		-.298	.766
	Geschlecht	.228	.106	.235	2.156	.034
	Alter	.003	.006	.076	.584	.561
	BMI	-.006	.012	-.058	-.470	.640
	Diabetes mellitus	.369	.156	.271	2.361	.021
	Herzkreislauferkrankungen	-.047	.124	-.049	-.380	.705
	Nikotinabusus	.508	.158	.373	3.221	.002
	Op.Zeit	.001	.005	.018	.152	.879
	Ausraumung	-.093	.150	-.066	-.619	.538
	Bandscheibenfach					
	Pysiotherapie	.230	.105	.235	2.193	.031
	L23	.347	.229	.160	1.516	.134
	L45	.051	.124	.052	.406	.686
	L5S1	-.066	.157	-.058	-.422	.674
	D2_Extraforaminal	.031	.492	.032	.063	.950
	D2_Intraforaminal	.113	.482	.116	.235	.815
	D2_Intra_Extra_foraminal	-.056	.137	-.056	-.410	.683
	Berufgruppe I	-.051	.131	-.047	-.385	.702
	Berufgruppe II	.259	.199	.140	1.296	.199
	Berufgruppe III	.284	.354	.084	.802	.425

Tabelle 18. SPSS Ausgabe Koeffizienten (PLE-Score)-Spalte B zeigt die Regressionskoeffizienten, Spalte Beta die standardisierten Regressionskoeffizienten. Spalte Sig. liefert den p-Wert und gibt die statistische Signifikanz an

Was eindeutig aus der Koeffizienten-Tabelle hervorgeht ist, dass für vier Faktoren (Nikotinabusus, Diabetes mellitus, Physiotherapie und Geschlecht) ein signifikanter positiver Effekt nachgewiesen wurde ( $p<0.05$ ). Nikotinabusus erwies sich hierbei als der stärkste (standardisierte Regressionskoeffizient von 0.373), gefolgt von Diabetes mellitus (0.271), Physiotherapie und das weibliche Geschlecht, beide mit einem standardisierten Regressionskoeffizienten von 0.235. Hingegen sind Faktoren ohne Effekt auf den PLE Test Lokalisation der Bandscheibe im Verhältnis zum Foramen intervertebrale (intra/extrforaminal), sowie die Operationszeit (alle mit großen p Werten).

## 2.15 Diskussion:

---

Wie schon im ersten Teil erwähnt (Fragestellung), war das Ziel dieser retrospektiven Analyse in erster Linie die Beantwortung der Frage, welche Ergebnisse die chirurgische Behandlung des lateralen Bandscheibenvorfalls über einen supraartikulären Zugang zeigt, insbesondere in Bezug auf Langzeitergebnisse. Die Ergebnisse der untersuchten Serie wurden im dritten Teil der Arbeit ausführlich dargestellt. Um den Resultaten eine Wertigkeit geben zu können erfolgte eine Durchsicht der Literatur zum Vergleich der Ergebnisse. Ein direkter Vergleich der Operationsergebnisse war außerordentlich schwierig, da in der Fachliteratur zu dem supraartikulären Zugang nur eine einzige Studie aus dem Jahr 2016 gefunden wurde (65). Leider bezieht sich die Arbeit mehr auf operativ-technische Aspekte und weniger auf die Outcome-Analyse. Ob tatsächlich die vorgeschlagene Operationstechnik, außer der anatomisch-vertrauteren und facettengelenkschonenden Argumente, auch was die Zufriedenheit der Patienten anbelangt erfolgreich ist, soll, anhand der zu alternativen Operationstechniken publizierten Studien, geklärt werden. Hierfür gibt es in der Literatur mehr Vergleichsinformationen durch den Versuch, eine der multiplen Techniken zu favorisieren. Durch deren Vielfalt sind leider die, in den einzelnen Studien publizierten Untersuchungszahlen, eher klein. Bei den insgesamt 96 in der Studie eingeschlossenen Patienten mit lateralen Bandscheibenvorfällen wurden mehr Männer (57,3%) operiert, wobei sich jedoch kein statistisch relevanter Unterschied fand. Zum Operationszeitpunkt lag das Alter der Patienten im Median bei 55 Jahren. Die Mehrheit der Patienten (43%) lag im Alter zwischen 50-59 Jahren. Ähnliche Werte wurden auch in anderen Studien gefunden (66-68). Bezogen auf die Inzidenz des lateralen Bandscheibenvorfalls im Verhältnis zum Alter beobachtet man in der Studie bei Männern eine relativ konstante Verteilung über alle Altersklassen (16-20%), wobei bei Frauen unter 50 Jahren die Inzidenz klein ist, um sich nachher fast zu vervierfachen auf 19%. Der gefundene durchschnittliche BMI von  $28 \text{ kg/m}^2$  beschreibt eine eher übergewichtige Population bei Erkrankung an einem lateralen Vorfall. Darweesh O. Al-khawaja findet in seiner Studie (65) BMI Werte zwischen 24,9 und 32,8  $\text{kg/m}^2$ , was einem Durchschnitt von  $28,8 \text{ kg/m}^2$  entspricht. Nach Angaben der Literatur ist bei Bandscheibenvorfällen am häufigsten das Segment L4/5 betroffen, gefolgt von der Höhe L3/4. Beide Lokalisationen entsprechen 70-75% aller lateralen Höhenlokalisierungen (65-67; 69). In nur einer älteren Studie (1994) wurde als zweithäufigste Lokalisation die Höhe L5/S1 beschrieben (11). Die aktuelle Studie schließt sich den neueren Studien an mit 41% in Höhe L4/5 gefolgt von 31% in der Höhe L3/4. Die Inzidenz in Höhe L5/S1 liegt mit 23% nur an dritter Stelle. Analysieren wir die wichtigsten Aspekte des klini-

schen Befundes bei Aufnahme findet man, dass eine radikuläre Schmerzausstrahlung bei 99% der Patienten dokumentiert wurde. Ein Vergleich mit der Literatur: Darwéesh O. Al-Khawaja, F. Samini oder St.L. Theuss finden in ihren Arbeiten einen radikulärer Schmerz bei 100% bzw. 96,4% aller Patienten (11). Nur in einer in 1994 von F. Porchert veröffentlichten Studie zur "Klinik der extraforaminalen lumbalen Diskushernien" findet man, dass ein sensibles Defizit häufiger auftritt als ein motorisches. In meiner Studie wurden Sensibilitätsstörungen bei 84,4% bzw. motorische Defizite bei 55,2% der Patienten gefunden. 62% aller Paresen waren leichtgradig (KG4/5), Plegien wurden nicht beschrieben. Der operative Eingriff wurde in einer durchschnittlichen Operationszeit von 38 Minuten durchgeführt. Die minimale Dauer lag bei 20 Minuten, die maximale bei 87 Minuten. Die australischen Kollegen haben für den gleichen Eingriff Zeiten zwischen 30 und 90 Minuten angegeben (65). In der Studie von Erhan Celikoglu (68) wird bei dem medianen-paramuskulären und paramedianen-intermuskulären Zugang eine durchschnittliche Operationszeit von  $70\pm10$  min gefunden. Auch im Falle der minimal invasiven Techniken beschreiben zwei Studien Operationszeiten von 44 Minuten (30-65) bzw. 43 Minuten (72; 82). Wie bei den paramedianen ist auch bei den lateralen Bandscheibenvorfällen das Rezidiv die häufigste postoperative Komplikation. In der schon zitierten Literatur liegen die Rezidivraten zwischen 5,3% (größere Studie von 234 Patienten und gesamter Follow-up von 33 Monate) (70) und 10,9% (unizentrische, klinischen Studie mit einem Kollektiv von 138 Patienten und mittleren Follow-up von 12,2 Jahren) (66). Beide Studien beschreiben das Auftretender Rezidive größtenteils im ersten postoperativen Jahr (ca. 7,4 Monate postoperativ). Der Vollständigkeit halber muss erwähnt werden, dass in kleineren Studien auch Rezidivraten von 2-4,5% berechnet wurden (68). Die aktuelle Arbeit findet bei den 96 operierten Patienten eine Rezidivrate von 11,45%, mit einem Anteil an Frührezidiven von 18%. Ob das Auftreten eines Rezidivs mit der lateralen Ausräumung des Bandscheibenfaches zusammenhängt wurde mituntersucht. Eine statistische Signifikanz wurde aber nicht gefunden. Die gleiche Schlussfolgerung findet man auch bei L. Papavero (71). Ein häufiges Problem nach Operationen eines lateralen Bandscheibenvorfalls ist das Auftreten von störenden Dysästhesien mit brennendem Charakter. Die Ursache ist noch nicht klar, möglicherweise spielt in der Entstehung eine intraoperative mechanische, durch Nervenmobilisation/ thermische Koagulation, Traumatisierung des Spinalganglions als zentraler Generator oder eine Verletzung der recurrenten Nerven eine Rolle (19). In der aktuellen Arbeit wurden postoperativ neu aufgetretene neuropathische Schmerzen oder Sensibilitätsstörungen als Ausdruck einer Läsion bzw. Traumatisierung des Spinalganglions interpretiert. Bei 9 Patienten (9,37%) traten diese auf. Dieser Aspekt wird zwar in der Literatur diskutiert,

aber eine Quantifizierung wurde nur in einer Studie von M.G. Hasdemir und U. Ebeling gefunden. Sie beschreibt bei 5 (8%) von 60 Patienten postoperativ störende Dysästhesien in Rahmen der Nachkontrollen. Ob ein Zusammenhang zwischen Höhenlokalisation des Vorfalls und der intraoperativen Traumatisierung des Spinalganglions existiert, wurde in der dargestellten Arbeit mituntersucht. Bei über 75% der Patienten mit Läsion des Spinalganglions lag der Bandscheibenvorfall in Höhe L4/5 oder L5/S1. Die Ursache könnte an den anatomischen Besonderheiten der letzten beiden Etagen liegen. In der unteren LWS haben wir dickere, schräge Pedikel mit dadurch resultierenden längeren interpedunkulären Kanälen. Der Wirbelbogen (Pars interarticularis) wird in diesem Bereich auch flacher und breiter, damit kommt es zu einer kompletten Abdeckung der interpedunkulären Rückwand. Somit liegen die Spinalganglien in diesen Höhen größtenteils oder komplett intraforaminal. Das bedeutet aber, dass intraoperativ mehr von der lateralen Pars interarticularis entfernt werden muss um zu dem lateralen Vorfall Zugang zu haben. Bei der Entfernung mit der High Speed Fräse oder Kerrison-Stanze ist das Risiko einer thermischen oder mechanischen Läsion des darunterliegenden Ganglions gegeben. Auf jeden Fall sollte man den Patienten über persistierende brennende Schmerzen vor der Operation aufklären. Zu einer intraoperativen Duraverletzung kam es bei nur einen Patienten (1%), 2 Patienten hatten oberflächliche Wundheilstörungen. Postoperative Nachblutungen oder Spondylodiszididen wurden nicht festgestellt. Der postoperative Krankenhausaufenthalt liegt in der Literatur zwischen 1-5 Tage (65; 72). Deutsche Studien mit dieser Information, um einen Vergleich innerhalb des gleichen Gesundheitssystems zu haben, wurden nicht gefunden. Bei unseren Patienten lag der durchschnittliche Krankenaufenthalt bei 7.8 Tagen. Persönlich würde ich diesem Aspekt keine große Wertigkeit zuordnen, da meiner Meinung nach auch andere historisch-ökonomische Aspekte den postoperativen Aufenthalt beeinflussen. Wie aus den bereits dargestellten Daten ersichtlich ist, gibt es keine signifikanten Unterschiede zur Fachliteratur, was die demografischen Daten des Patientenkollektivs anbelangt beziehungsweise die präoperativen diagnostischen und klinischen Aspekte. Auch was die Operationstechniken betrifft, waren die vergleichbaren Daten (Operationszeit, Komplikationen) nicht signifikant voneinander zu unterscheiden. Dadurch ergeben sich gute Voraussetzungen für den weiteren Vergleich der postoperativen Ergebnisse. Es ist bekannt, dass die Patienten mit lateralem Bandscheibenvorfällen als führendes Symptom über starke Schmerzen klagen. Der Vorfall bewirkt eine direkte Kompression des entsprechenden mechano-empfindlichen Spinalganglions was zu akuten, intensiven und therapieresistenten radikulären Schmerzen führt. Deshalb wurde der Vergleich der Schmerzintensität prä-und postoperativ als ein guter Indikator für die Patientenzufriedenheit gesehen. Die

VAS Schmerz-Skala wurde von den Patienten selbst ausgefüllt. Wie zu erwarten war, gaben diese bei stationärer Aufnahme eine große Intensität der radikulären Schmerzen an: der Mittelwert lag bei 8.07 wobei über die Hälfte der Patienten Werte gleich oder über 8 hatten (Median lag ebenfalls bei 8). Das entspricht einem starken Schmerz. Postoperativ kam es zu einer eindeutigen Reduzierung der Schmerzintensität auf einen Mittelwert von 2.4, mit einem Median bei 1, was dem Bereich der Schmerzlosigkeit bis leichten Schmerz entspricht. Zu erwähnen ist, dass die Rückbildung der Schmerzintensität bei der bereits an der Wirbelsäule voroperierten Patienten signifikant kleiner ist und erreicht im Median den Bereich der mäßigen Schmerzen. Alle postoperativen Ergebnisse sind Langzeitergebnisse nach durchschnittlich 4.5 Jahren. In den Studien (70; 73), die ebenfalls VAS Skala als Prüfinstrument benutzt haben, kam es postoperativ zu einer Verbesserung von 7.5 auf 3.6 (insgesamt 234 Patienten; Follow up von 33 Monaten) beziehungsweise von 7 auf 3.6 (nur 15 Patienten und minimal invasive Technik; Follow up 11.5 Monaten). Nachdem postoperativ die quälenden radikulären Schmerzen beseitigt waren, stellen nun die verbleibenden sensomotorischen Defizite eine führende Komponente dar, hinsichtlich der Zufriedenheit der Patienten. Wie schon dargestellt hatten bei der Aufnahme 81 Patienten (84,4%) Sensibilitätsstörungen. Postoperativ kam es im ganzen Beobachtungszeitraum bei 68% von diesen Patienten zu einer Besserung der Störungen. Der größte Remissionserfolg von 85% wurde in den ersten 6 Wochen postoperativ beobachtet. Eine komplette Rückbildung der Sensibilitätsstörungen erreichten 55 Patienten (68%), 33 von diesen (60%) schon zum Entlassungszeitpunkt. Bei 5 Patienten (15%) brachte die Operation keine Besserung. Bezogen auf die gesamte Patientenzahl (96) heißt das, dass von den präoperativ 84,4% der Patienten mit Sensibilitätsstörungen, postoperativ nur noch 27% verblieben sind. Eine Voroperation in Bereich der Wirbelsäule hatte keinen Einfluss auf die Erholungsrate der Sensibilitätsstörungen. L. Papavero beschreibt auch in dem Kapitel zum lateralen, extraformaninalen Zugang eine Abnahme der Inzidenz der Sensibilitätsstörungen von 77% präoperativ auf 35% postoperativ (74). In einer Langzeitstudie (follow up 12,2 Jahren) gingen die Sensibilitätsstörungen von 79% präoperativ auf 49,3% bei der Befragung zurück. Einen noch deutlicheren Rückgang erfuhren, in der gleichen Studie, die Paresen: von 71,7% auf 29,3% (9). M.G. Hasdemir und U. Ebeling finden eine Rückbildung der sensomotorischen Ausfälle von 88% auf 50% (19). In der vorliegenden Studie haben sich die motorischen Defizite von 55% präoperativ auf 15% postoperativ zurückgebildet. Das bedeutet, dass fast 75% der Patienten mit Paresen eine komplett Remission erreichten. Das größte Erholungspotenzial mit 87% liegt in den ersten 6 Wochen postoperativ. Insgesamt zeigen aber die voroperierten Patienten nur ein Verbesserungs-

potenzial von 54% im Vergleich zu 80% im Falle der nicht voroperierten Patienten. Bei 12 Patienten (12,5%) blieben die Paresen unverändert. M.G. Hasdemir beschreibt, dass die sensiblen Störungen im Vergleich zu den motorischen Ausfällen eine ausgeprägtere Früherholungstendenz (bei Entlassung) haben, um später zu einem Ausgleich des Unterschieds zu kommen (19). Diese Tendenz kann in der aktuellen Studie nicht gefunden werden. Beide Ausfallerscheinungen zeigten zum Entlassungszeitpunkt eine Verbesserung von 60% bzw. 59% gegenüber präoperativ.

Wie erwartet, kommt es durch die schnelle postoperative Reduzierung der Schmerzintensität, zu einer rapiden Abnahme des Analgetikaverbrauchs. Der gesamte Analgetikaverbrauch erreicht 6 Wochen postoperativ das niedrigste Niveau (31,25%) mit einer Reduzierung von über 60%. Allerdings beobachtet man im Rahmen des 4.5 jährigen Follow-ups wieder eine leichte steigende Tendenz der Schmerzmitteleinnahme auf 37,25%. Dieser leichter Anstieg ist hauptsächlich erklärt durch den Verbrauch an Nicht-Opioid-Analgetika, da man im ganzen untersuchten Zeitintervall, eine anhaltende Reduzierung der schwachen Opioide verzeichnen konnte. Bei den schon auf starke Opioide eingestellten 6 Patienten konnte man nur kurzzeitig (ersten 6 Wochen postoperativ) eine Reduzierung vermerken. Langzeitig konnte die operative Therapie bei diesen Patienten den Schmerzmittelkonsum nicht beeinflussen. Eine genauere Analyse zeigt, dass diese Patienten im gleichen Verhältnis sowohl zu der voroperierten als auch zu der nicht voroperierten Gruppe gehören. Hinweise für eine Instabilität ergaben sich im PLE Test bei 2 Patienten aus der voroperierten Gruppe und bei nur 1 Patienten aus der nicht voroperierten Gruppe. Die Instabilität könnte eine der Erklärungen sein für den späteren Wiederanstieg der Opioideinnahmen. Die Meinung kann durch die aktuelle Untersuchung wegen der kleinen Patientenzahl nur mit Vorsicht vertreten werden. Leider konnten zum Vergleich, in der Literatur, keine Informationen zum lateralen Bandscheibenvorfall und Schmerzmittel-Gebrauch gefunden werden. Das die mit einem lateralen Bandscheibenvorfall und über die supraartikuläre Technik operierten Patienten, das Krankenhaus mit einer eindeutigen Verbesserung der präoperativen Beschwerden verlassen, ist aus den oben dargestellten Daten klar ersichtlich. Auch 6 Wochen postoperativ bestand dieses gute Ergebnis weiter fort. 6 Wochen postoperativ bedeutet aber in den meisten Fällen erst die Beendigung der Reha-Maßnahmen. Erst danach kann von einer allmählich zunehmenden Vollbelastung ausgegangen werden. Deshalb war wichtig, die postoperativen Ergebnisse auch nach Belastung und unter normalen psychosozialen- und Berufssituationen zu untersuchen. Dieses erfolgte nach einem Follow-up von durchschnittlich 4.5 Jah-

ren. Einer der untersuchten Aspekte war die VAS Schmerz-Skala bei der Nachuntersuchung. Die Ergebnisse wurden bereits oben ausführlich erläutert. Zusammengefasst hatten durchschnittlich 4.5 Jahren postoperativ 76% der Patienten weiterhin keine bis sehr leichte Schmerzen (VAS zw. 0-3) ohne dass eine Schmerzmitteleinahme notwendig war. Komplette Schmerzfreiheit (VAS zw. 0-1) haben 51% der Patienten angegeben. Die möglichen postoperativen Einschränkungen bei unterschiedlichen Alltagsaktivitäten wie zum Beispiel Heben, Sitzen, Körperpflege, Schlafen, Reisen etc. wurden durch den Oswestry Disability Questionnaire erfasst (56).

Von den 96 Patienten gaben im Langzeitverlauf 66% nur minimale Einschränkungen (ODI zw. 0-20%) an. Das bedeutet, dass diese Patienten die meisten täglichen Aktivitäten bewältigen konnten, sollten aber möglicherweise die Regeln der Rückenschule beachten. Schwere Einschränkungen (ODI zw. 41-60%) gaben ein Prozent von 10 an. Bei dieser Gruppe waren die persistierenden Schmerzen das Hauptproblem. Berechnet man nun den Mittelwert aller ODI Score liegt dieser bei 8,83 Punkten was einer Prozentzahl von 17,66 entspricht. In Hinblick auf die Literatur zeigt dieser Aspekt postoperative mittlere ODI Werte von 20,3% (große koreanische Studie bei 234 Patienten und Follow up von 33 Monaten), beziehungsweise 14,3% (kleine Studie bei 15 Patienten und Follow up von 11.5 Monaten) (70; 75). Was das Berufsleben anbelangt, lag die präoperative Arbeitsunfähigkeit im Median bei 14 Tagen und postoperativ bei 49 Tagen. Die etwas längere postoperative Krankschreibung der voroperierten Patienten erwies sich aber nicht als statistisch signifikant. Wenn wir die berenteten und arbeitslosen Patienten ausschließen, so erreichen wir eine volle Arbeitsfähigkeit im alten Beruf von 89%. Nur ein Patient (2,8%) wurde berentet. H. Frankhauser beschreibt nach Foraminotomie eine volle Arbeitsfähigkeit im gleichen Beruf bei 91% der Patienten. M.G. Hasdemir findet nach mikrochirurgischen paramedianen lateralen Zugang eine 85%ige Arbeitsfähigkeit und einer Berentung von 5% (67). Andere Langzeitergebnisse zeigten, dass 72,2% der erwerbstätigen Patienten ihre alte Arbeit aufnahmen, 7,4% haben ihre Arbeit gewechselt und 16,7% arbeiteten postoperativ nicht mehr (9). Wie schon beschrieben ist es, um den intra-/extraforaminalen Raum zu erreichen, mehr oder weniger notwendig den lateralen Knochenrand der oberen Lamina unmittelbar supraartikulär und inferior der Pars interarticularis, zu entfernen. Abgesehen von den Foramina L1 bis L3 ist das nur mit einer zusätzlichen Einkerbung des kaudalen Gelenkfortsatzes oder/und einer Resektion der kranialen Spitze des Processus articularis superior möglich. (sog. apikale Arthrotomie) (40). Wenn mehr als 50% des Facettengelenkes entfernt wird liegt das Risiko einer Instabilität zwischen 1.6 und 2.4% (45). Jung SikBae findet sogar bei einer 33%iger Facettek-

tomie eine negative Korrelation zum postoperativen Outcome (70). Das bedeutet der Zugang zum Foramina L4 und L5 ist theoretisch mit einem erhöhten Risiko der Entwicklung einer postoperativen (sekundären) lumbalen Instabilität verbunden. Damit zusammenhängend wären persistierende postoperative Rückenschmerzen erklärbar. Ob das auch zutrifft, bei den über einen supraartikulären Zugang behandelten Patienten, wurde anhand eines klinischen Test (PLE) untersucht. Der „Passiv Lumbar Extension Test“ (PLE) zeigte in den Studien neben einer guten diagnostischen Genauigkeit (84,2%) auch eine hohe Reliabilität von 90,4% und wurde als bester Funktionstest zur Identifizierung einer lumbalem Instabilität identifiziert. Der Test war bei insgesamt 35 Patienten (36,5%) positiv. Die an der Wirbelsäule voroperierten Patienten hatten einen statistisch signifikant höheren positiven Test als der Rest, ebenfalls Frauen im Vergleich zu Männern. Wenn jeder positive Test somit als Hinweis auf eine sekundäre lumbale Instabilität gewertet wird, bedeutet das, dass nach dem supraartikulären Zugang das Risiko der postoperativen Instabilität bei maximal 36,5% liegen kann. Da hier auch die an der Wirbelsäule voroperierten Patienten mitgerechnet wurden und der PLE Test nicht auch präoperativ durchgeführt wurde, ist es realistischer das Risiko einer Instabilität anhand der Ergebnisse der nicht voroperierten Gruppe zu interpretieren. Hier liegt der Wert demzufolge bei maximal 31%. (23 von 74 Patienten). L. Papavero beschreibt einen „postoperative facet distress syndrome“ bei 33% der Patienten. Weitere direkte Informationen zur Inzidenz der postoperativen segmentalen Instabilität nach lateralen Bandscheibenoperationen wurden in der Fachliteratur nicht gefunden. Deshalb wurden die in den Studien postoperativ persistierende Kreuzschmerzen, vor allem die belastungsabhängigen, als mögliche Instabilität interpretiert. Hier liegt die Frequenz abhängig von Patientenzahl und Follow-up von 8% bis 52% (19; 66; 69; 74).

In der vorliegenden Studie wurde auch untersucht, ob den klinischen Befunden ein prädiktiver Wert, was das Outcome betrifft, zugeordnet werden kann. Das erfolgte in Rahmen einer multiplen linearen Regression. Man findet, dass der PLE Test gefolgt von „frühere LWS-Beschwerden“ einen statistisch signifikanten Einfluss auf die benutzten Outcome Hauptindikatoren (VAS nach Operation und ODI) hat. Das ist eigentlich ein vorhersehbares Ergebnis, da eine lumbale Instabilität, die sich durch Schmerzen äußert, auch den VAS und ODI Score beeinflussen wird. Deshalb wurde als nächstes auch der PLE Test als Antwortvariable in einem Regressionsmodell analysiert, um zu verstehen welche Faktoren die Ergebnisse bestimmen. Man konnte für vier Faktoren: Nikotinabusus, Diabetes mellitus, Physiotherapie und für das weibliche Geschlecht einen signifikanten positiven Effekt finden. Ko Ikuta findet auch in einer Analyse zu

Risikofaktoren für Rezidiv-Bandscheibenvorfälle nach mikroendoskopischer Diskektomie, dass Diabetes mellitus ein Risikofaktor für Rezidive ist (76). Überraschend ist der „positive“ Effekt der Physiotherapie auf den PLE Test. Das bedeutet dass, die Bewegungstherapie das Risiko einer sekundären lumbalen Instabilität steigt. Eine logische Erklärung wäre, dass das durch die Operation induzierte Risiko einer Instabilität, durch die früh begonnene Physiotherapie (Reha) verstärkt werden könnte. Zur Minderung des Instabilitätsrisikos ist der operative Zugang durch die obere Facette möglichst kleinzuhalten, um die tragenden Strukturen bestmöglich zu schützen. Das ist aus unserer Sicht der beste Ansatz zur Verbesserung der Langzeitergebnisse, neben klarer Indikationsstellung und optimaler operativer Performance, (siehe positives Ergebnis in der Statistik). Die Erhebung des PLE-Testes präoperativ zum Vergleich dann postoperativ ist zu empfehlen.

### III. [Schlussteil](#)

---

#### 3.1 [Zusammenfassung:](#)

---

Wie im II. Teildieser Arbeit formuliert, hat die aktuelle Arbeit eine Positionierung des supraartikulären Zugangs zwischen der Vielzahl der Operationstechniken für den lateralen Bandscheibenvorfall versucht. Die Ergebnisse und der Literaturvergleich erlauben folgende Schlussfolgerungen: Der supraartikuläre Zugang ist eine klare Option in der operativen Therapie des lateralen Bandscheibenvorfalls. Der Zugang verbindet den Nutzen erworbener technische Fähigkeiten und die anatomische Klarheit eines interlaminären Zugangs mit der Chance der kompletten Erhaltung der Facettengelenke (L1-4) bzw. einer minimalen mikrochirurgischen apikalen Arthrektomie (L4-S1) in key-hole Technik. Der Zugang ermöglicht sowohl die Entfernung der intra-als auch der extraforaminalen Bandscheibenvorfälle in einer gut vertretbaren Operationszeit. Für die Zuverlässigkeit des Eigriffes sprechen auch die in der Fachliteratur vergleichbaren geringen Komplikationsraten. Ob postoperativ das Risiko einer sekundären lumbalen Instabilität groß ist, war auf Grund der Existenz von wenigen Vergleichsdaten, schwieriger zu beantworten. In der Studie findet man einen positiven PLE Test in maximal 31% der Fälle nach einem durchschnittlichen postoperativen Zeitraum von 4,5 Jahren. Das bedeutet, dass postoperativ einer von drei Patienten das Risiko haben kann, eine Instabilität in Bezug auf den PLE-Test zu entwickeln. Der Wert per se erscheint groß, sucht man aber in der Literatur ein Bezugssystem, so findet man eine Inzidenz der postoperativen Instabilität zwischen 8% und 52%. (je größer die Beobachtungszeit desto höher die Instabilitätsrate). Berechnet man einen Mittelwert zwischen den beiden Extremen erreicht man einen Wert von 30%. Demnach ist die postoperative Instabilitätsrate nach supraartikulärem Zugang nicht besonders auffällig, vor allem da ein langes Follow up von 4.5 Jahren analysiert wurde. Zudem ist der PLE-Test hoch sensibel und schon früh vorhanden. Die Früh- und Langzeitergebnisse waren relevant mit schneller und anhaltender Reduzierung der Schmerzintensität (von 8 auf 2 im VAS) sowie schon zum Entlassungszeitpunkt dokumentierten Verbesserung der Sensibilitätsstörungen und der Paresen von über 40%. Das größte Erholungspotenzial wird in den ersten 6 Wochen postoperativ (über 85%) erreicht. Was die volle Arbeitsfähigkeit im alten Beruf betrifft wurde eine Quote von 89% erreicht. Zu der Frage Prädiktivität erwiesen sich Nikotinabusus, Diabetes mellitus, Physiotherapie und das weibliche Ge-

schlecht als statistisch signifikant in der Beeinflussung der Langzeitergebnisse (Schmerz und Funktionsstörungen).

Die Frauen besitzen statistisch ein erhöhtes Risiko postoperativ ein Instabilitätszeichen in PLE zu entwickeln. Überraschend zeigte sich die postoperative Physiotherapie als ein Risikofaktor für sekundäre lumbale Instabilität nach dem supraartikulären mikrochirurgischen Zugang. Auch in der Reha sollte man nicht glauben, aus vorher unsportlichen adipösen Patienten Leistungssportler machen zu können.

### **3.2 Thesen:**

---

- 1.) Der laterale Bandscheibenvorfall zeigte bei der übergewichtigen Population zwischen 50-59 Jahren die größte Inzidenz.**
- 2.) Das Segment L4/5 war am häufigsten betroffen.**
- 3.) Die zwei häufigsten postoperativen Komplikationen sind das Rezidiv (11.45%) und postoperative neuropathische Schmerzen (9,37%)**
- 4.) Das Risiko für postoperative neuropathische Schmerzen ist größer nach Operationen in Höhe L4/5 und L5/S1.**
- 5.) Die laterale Ausräumung des Bandscheibenfaches erhöht nicht das Risiko des Auftretens eines Rezidivbandscheibenvorfalls.**
- 6.) Die Früh- und Langzeitergebnisse zeigen eine schnelle und anhaltende Verbesserung präoperativer Beschwerden. Das größte Erholungspotenzial findet sich in den ersten 6 Wochen postoperativ.**
- 7.) Eine volle Arbeitsfähigkeit im gleichen Beruf wurde in fast 90% erreicht.**

- 8.) Der postoperative Hinweis auf sekundäre lumbale Instabilität nach PLE-Test liegt bei 31% nach 4.5 Jahren.**
- 9.) Nikotinabusus, Diabetes mellitus, Physiotherapie und das weibliche Geschlecht steigern das Risiko einer sekundären Instabilität und sind dementsprechend auch mit einem schlechteren Outcome verbunden.**
- 10.) Das gewählte operative Verfahren kann als erfolgreiche mikrochirurgische operative Strategie für die Behandlung von lateralen Bandscheibenvorfällen gewertet werden.**

#### IV. Abkürzungsverzeichnis

---

**AF**-Annulus fibrosus  
**BMI**-Body Mass Index  
**BS**-Bandscheibe  
**BSV**-Bandscheibenvorfall  
**CMV**-Zytomegalievirus  
**CT**-Computertomographie  
**HSV**-Herpes Simplex Virus  
**IC**-Iliocostalis  
**IVF**-Intervertebral Foramen  
**L**-Longissimus  
**M**-Multifidus  
**MER**-Muskeleigenreflexe  
**MMP**-Matrix-Metalloproteinase  
**MRT**-Magnetresonanztomographie  
**NP**-Nucleus pulposus  
**P**-Psoas  
**PLE**-Passiver Lumbaler Extension Test  
**PMZ**-paramedianer Zugang  
**PNS**-periphere Nervensystem  
**PROMs**-Patient-Reported-Outcome-Measures  
**RL**-Rotators lumborum  
**QL**-Quadratus lumborum  
**SAZ**-Supraartikuläre Zugang  
**TMZ**-transmuskulärer Zugang  
**VAS**-Visuelle Analogskala Schmerz  
**WK**-Wirbelkörper  
**WS**-Wirbelsäule  
**ZNS**-Zentralnervensystem

---

## V. Abbildungsverzeichnis

---

Abbildung 1. Einteilung lateraler BSV .....	3
Abbildung 2. Pathophysiologie der Entstehung eines Bandscheibenvorfalls.....	6
Abbildung 3. Ligamente und nervale Strukturen .....	10
Abbildung 4. MRT LWS T1 Aufnahmen- <i>Die Pfeile zeigen die Existenz eines lateralen Bandscheibenvorfalls (sagittale und transversale Ebene)</i> .....	12
Abbildung 5. Transversale T1 Aufnahmen: <i>LWS mit eindeutiger Asymmetrie links vs. rechts (Pfeile) bei lateralen BSV</i> .....	13
Abbildung 6. Koronare MRT Aufnahme LWS ( <i>Pfeil zeigt den lateralen Vorfall</i> ) .....	13
Abbildung 7. Computertomographie bei lateralen BSV ( <i>Bandscheibengewebe ist im CT hyperdenser als die nervalen Strukturen</i> ) .....	14
Abbildung 8. Korrekte Höhenbestimmung präoperativ .....	16
Abbildung 9. Planung Hautschnitt .....	16
Abbildung 10. Zugang Richtung LWS über PMZ oder TMZ.....	17
Abbildung 11. Korrekte Positionierung des Caspar-Spekulums- <i>zentriert auf das Facettengelenk; Ebenfalls zu erkennen sind die anatomischen Unterschiede des „lateralen“ Raums zwischen L3/4 und L4/5 (oberes und unteres Niveau -siehe Text weiter unten)</i> .....	18
Abbildung 12. Anatomische Unterschiede des interpedunkulären Bereichs LWS .....	19
Abbildung 13. Gefäße des IVF.....	20
Abbildung 14. Topographische Anatomie der intraforaminalen Elemente.....	21
Abbildung 15. “Der Supraartikuläre Zugang“ zum lateralen Raum .....	22
Abbildung 16. Zugang zum intra-/extraforaminalen Raum- <i>Beseitigung des lateralen Knochenrandes der oberen Lamina mit dem Mikrobohrer</i> .....	22
Abbildung 17. Grenzen “der save zone“.....	23

Abbildung 18. Intraoperative Mikroskopaufnahmen- <i>Mobilisierung und Entfernung des Sequesters</i> .....	24
Abbildung 19. Die zehn, vom ODI- Score, untersuchten Funktionsbereiche .....	32
Abbildung 20. Altersverteilung des lateralen BSV .....	36
Abbildung 21. Geschlechtsbezogene Inzidenz des lateralen BSV .....	37
Abbildung 22. Body Mass Index (BMI) des Patientenkollektivs.....	38
Abbildung 23. Höhenlokalisation des lateralen BSV .....	38
Abbildung 24. Lokalisation der Vorfälle in Bezug auf die Neuroforamina .....	39
Abbildung 25. Lumbago vs. radikuläre Schmerzen bei Aufnahme .....	40
Abbildung 26. Typ der radikulären Schmerzen bei verschiedenen Höhenlokalisierungen des lateralen BSV .....	40
Abbildung 27. Neurologische Defizite bei Aufnahme .....	41
Abbildung 28. Schweregrad der Paresen .....	41
Abbildung 29. Postoperativ aufgetretene Komplikationen nach dem supraartikulären Zugang .....	42
Abbildung 30. Unterschied beobachtete-erwartete Rezidivrate bei Sequestrektomie ± Nuklotomie ( $p>0.05$ ) .....	43
Abbildung 31. Verteilung der Läsionen des Spinalganglions postoperativ .....	43
Abbildung 32. Postoperativ beobachtete Erholung der Sensibilitätsstörungen .....	44
Abbildung 33. Verlauf der kompletten Rückbildung der Sensibilitätsstörungen postoperativ.....	45
Abbildung 34. Verlauf der kompletten Rückbildung der Sensibilitätsstörungen bei voroperierten und nicht voroperierten Patienten .....	46
Abbildung 35. Postoperative Erholung der Paresen .....	47
Abbildung 36. Remissionskurve der Paresen postoperativ.....	47

Abbildung 37. Verlauf der kompletten Rückbildung der Paresen bei voroperierten und nicht voroperierten Patienten .....	48
Abbildung 38. Schmerzmittelkonsum von präoperativ bis über 2 Jahre postoperativ ....	49
Abbildung 39. Schmerzmittelkonsum Frauen vs. Männer .....	50
Abbildung 40. Schmerzmittelverbrauch im Vergleich.....	51
Abbildung 41. Vergleich des Opioid Einsatzes bei der beiden Patientengruppen (vor- und nicht voroperiert).....	51
Abbildung 42. Verteilung der VAS Werte prä- und postoperativ .....	52
Abbildung 43. VAS Median-Werte prä- und postoperativ. <i>Signifikanter Unterschied (p&lt;0.05)</i> .....	52
Abbildung 44. VAS Median-Werte bei Aufnahme,.....	53
Abbildung 45. VAS Median-Werte bei Nachuntersuchung,Gruppenvergleich–.....	54
Abbildung 46. VAS Median-Werte der Verbesserung, Gruppenvergleich –.....	55
Abbildung 47. Ergebnisse des postoperativen ODI- Scores .....	57
Abbildung 48. ODI-Werte postoperativ-.....	58
Abbildung 49. Unterschied beobachtete-erwartete positive PLE Tests (p<0.05) .....	59
Abbildung 50. Unterschied beobachtete-erwartete positive PLE Tests bei nicht voroperierten und voroperierten Patienten (p<0.05) .....	59
Abbildung 51. Dauer der Arbeitsunfähigkeit prä- und postoperativ des gesamten Patientenkollektives .....	60
Abbildung 52. Arbeitsunfähigkeit prä-und postoperativ nach Beschäftigungsarten .....	61
Abbildung 53. Arbeitsunfähigkeit prä-und postoperativ, Gruppenvergleich.....	61
Abbildung 54. Berufliche Wiedereingliederung der Patienten nach der Operation .....	62
Abbildung 55. Streudiagram VAS postoperativ .....	64
Abbildung 56. Streudiagram ODI-Score.....	67

VI. Tabellenverzeichnis

---

Tabelle 1. Muskeleigenereflexe der unteren Extremitäten und die entsprechend untersuchten Segmente .....	11
Tabelle 2. Einteilung des Behinderungsgrades nach dem ODI Score .....	33
Tabelle 3. Ergebnisse t-Test: VAS Reduzierung innerhalb der Gruppen ( $p<0.05$ ) .....	53
Tabelle 4. Ergebnisse t-Test: VAS Reduzierung Gruppenvergleich ( $p<0.05$ ).....	54
Tabelle 5. Ergebnisse t-Test: Verbesserung der Median Werte voroperierte vs. nicht voroperierte Gruppe ( $p<0.05$ ).....	55
Tabelle 6. Ergebnisse des ODI Scores .....	56
Tabelle 7. SPSS Ausgabe-Modellübersicht (VAS präoperativ) .....	63
Tabelle 8. SPSS Ausgabe ANOVA(VAS präoperativ) .....	63
Tabelle 9. SPSS Ausgabe Koeffizienten (VAS präoperativ)-Spalte <i>B</i> zeigt die Regressionskoeffizienten, Spalte <i>Beta</i> die standardisierten Regressionskoeffizienten. Spalte <i>Sig.</i> liefert den <i>p</i> -Wert und gibt die statistische Signifikanz an.....	63
Tabelle 10. SPSS Ausgabe-Modellübersicht (VAS-postoperativ).....	65
Tabelle 11. SPSS Ausgabe ANOVA (VAS-postoperativ) .....	65
Tabelle 12. SPSS Ausgabe Koeffizienten (VAS-postoperativ)-Spalte <i>B</i> zeigt die Regressionskoeffizienten, Spalte <i>Beta</i> die standardisierten Regressionskoeffizienten. Spalte <i>Sig.</i> liefert den <i>p</i> -Wert und gibt die statistische Signifikanz an.....	66
Tabelle 13. SPSS Ausgabe-Modellübersicht (ODI-Score) .....	67
Tabelle 14. SPSS Ausgabe ANOVA (ODI-Score) .....	68

Tabelle 15. SPSS Ausgabe Koeffizienten (ODI-Score)-Spalte <i>B</i> zeigt die Regressionskoeffizienten, Spalte <i>Beta</i> die standardisierten Regressionskoeffizienten. Spalte <i>Sig.</i> liefert den <i>p</i> -Wert und gibt die statistische Signifikanz an.....	68
Tabelle 16. SPSS Ausgabe-Modellübersicht (PLE-Score).....	70
Tabelle 17. SPSS Ausgabe ANOVA (PLE-Score).....	70
Tabelle 18. SPSS Ausgabe Koeffizienten (PLE-Score)-Spalte <i>B</i> zeigt die Regressionskoeffizienten, Spalte <i>Beta</i> die standardisierten Regressionskoeffizienten. Spalte <i>Sig.</i> liefert den <i>p</i> -Wert und gibt die statistische Signifikanz an.....	70

## VII. Literaturverzeichnis

---

### Bibliographie

1. Ramani P. 2013. *Textbook of Surgical Management of Lumbar Disc Herniation*. pp 109. Jaypee Brothers, Medical Publishers Pvt. Limited
2. Breitenfelder J, Breitenfelder M, Haaker R. 2013. *Der lumbale Bandscheibenvorfall*. pp 3. Steinkopff
3. Truumees E. 2015. A history of lumbar disc herniation from Hippocrates to the 1990s. *Clinical orthopaedics and related research* 473:5
4. Benini A. 1994. *Aktuelle Probleme in Chirurgie und Orthopädie*. pp 87. Huber
5. Glehr M, Jeserschek R, Gruber G, Parsché G, Zacherl M, et al. 2010. Klinische und radiologische Ergebnisse der Resektions-Suspensions-Interpositionsarthroplastik bei Rhizarthrose. *Z Orthop Unfall* 148:326-31
6. Krämer R. 2005. *Mikrochirurgie der Wirbelsäule: lumbaler Bandscheibenvorfall und Spinalkanalstenose: Indikation, Technik, Nachbehandlung ; 72 Tabellen*. pp 65. Thieme
7. Kim DG, Eun JP, Park JS. 2012. New Diagnostic Tool for Far Lateral Lumbar Disc Herniation : The Clinical Usefulness of 3-Tesla Magnetic Resonance Myelography Comparing with the Discography CT. *Journal of Korean Neurosurgical Society* 52:103-6
8. Rohner M, Schollerer A. 1994. [The clinical picture of foraminal lumbar disk hernia]. *Aktuelle Probleme in Chirurgie und Orthopadie* 44:51-4
9. Theuss SL. 2010. *Der extraforaminal, laterale Bandscheibenvorfall der Lendenwirbelsäule: Langzeitergebnisse einer unizentrischen, klinischen Studie*.
10. Porchet F, Fankhauser H, de Tribolet N. 1994. [Clinical aspects of extraforaminal lumbar disk hernia]. *Aktuelle Probleme in Chirurgie und Orthopadie* 44:47-50
11. Steinsiepe KF. 1994. [What is the significance of incidence and site of intra- and extraforaminal disk hernias for clinical diagnosis?]. *Aktuelle Probleme in Chirurgie und Orthopadie* 44:55-7

12. Epstein NE. 2002. Foraminal and far lateral lumbar disc herniations: surgical alternatives and outcome measures. *Spinal cord* 40:491-500
13. Faubert C, Caspar W. 1991. Lumbar percutaneous discectomy. Initial experience in 28 cases. *Neuroradiology* 33:407-10
14. Hadjipavlou AG, Tzermiadanos MN, Bogduk N, Zindrick MR. 2008. The pathophysiology of disc degeneration: a critical review. *The Journal of bone and joint surgery. British volume* 90:1261-70
15. Dowdell J, Erwin M, Choma T, Vaccaro A, Iatridis J, Cho SK. 2017. Intervertebral Disk Degeneration and Repair. *Neurosurgery* 80:S46-S54
16. Behl C. 2004. *.3 Molekulare Grundlagen des Alterns – eine Einführung.* pp 70.
17. Le Maitre CL, Pockert A, Buttle DJ, Freemont AJ, Hoyland JA. 2007. Matrix synthesis and degradation in human intervertebral disc degeneration. *Biochemical Society Transactions* 35:652-5
18. Sowa G, Agarwal S. 2008. Cyclic tensile stress exerts a protective effect on intervertebral disc cells. *American journal of physical medicine & rehabilitation* 87:537-44
19. Benini A, Steinsiepe KF. 1991. [Lateral intra- and extraforaminal lumbar disk hernia: clinical aspects and therapy]. *Schweizerische medizinische Wochenschrift* 121:889-97
20. Durrant DH, True JM, Blum JW. 2002. *Myelopathy, Radiculopathy, and Peripheral Entrapment Syndromes.* pp 161-175. Taylor & Francis
21. <http://www.embryology.ch/allemand/vcns/moelle04.html>.
22. Graumann W, Sasse D, Baur R. 2005. *CompactLehrbuch Anatomie: in 4 Bänden.* pp 394-396. Schattauer
23. Müller-Vahl H, Mumenthaler M, Stöhr M, Tegenthoff M. 2014. *Läsionen peripherer Nerven und radikuläre Syndrome.* pp 113-115,41-44. Thieme
24. Schünke M, Ross LM, Schulte E, Lamperti ED, Schumacher U, et al. 2006. *Thieme Atlas of Anatomy: General Anatomy and Musculoskeletal System.* Thieme
25. Krames ES. 2014. The Role of the Dorsal Root Ganglion in the Development of Neuropathic Pain. *Pain Medicine* 15:1669-85
26. Olmarker K. 1991. Spinal nerve root compression. *Acta Orthopaedica Scandinavica* 62:1-27

27. Cesmebasi A. 2015. Chapter 33. Anatomy of the Dorsal Root Ganglion. 1:471-6. Number of 471-6 pp.
28. Krämer J, Hasenbring M. 2006. *Bandscheibenbedingte Erkrankungen: Ursachen, Diagnose, Behandlung, Vorbeugung, Begutachtung*. pp 66,194-196,208-209. Thieme
29. Ombregt L. 2013. *A System of Orthopaedic Medicine - E-Book*. pp 426-431. Elsevier Health Sciences
30. Buckup K. 2009. *Klinische Tests an Knochen, Gelenken und Muskeln: Untersuchungen - Zeichen - Phänomene*. pp 50,59. Thieme
31. Lipetz JS. 2002. Pathophysiology of inflammatory, degenerative, and compressive radiculopathies. *Physical Medicine and Rehabilitation Clinics of North America* 13:439-49
32. Krappel FA, Harland U. 2001. Diskusdiagnostik im MRT. *Der Orthopade* 30:502-13
33. Ross JS, Bendock BR, McClendon J. 2017. *Imaging in Spine Surgery E-Book*. Elsevier Health Sciences
34. Bakar B, Tekkok IH. 2015. Far lateral disc herniation evaluated by coronal magnetic resonance imaging: case series. *Turkish neurosurgery* 25:132-6
35. Ross JS, Moore KR. 2015. *Diagnostic Imaging: Spine E-Book*. Elsevier Health Sciences
36. Phan K, Dunn AE, Rao PJ, Mobbs RJ. 2016. Far lateral microdiscectomy: a minimally-invasive surgical technique for the treatment of far lateral lumbar disc herniation. *Journal of spine surgery (Hong Kong)* 2:59-63
37. Poetscher AW, Ribas GC, Yasuda A, Nishikuni K. 2005. Para-muscular and trans-muscular approaches to the lumbar inter-vertebral foramen: an anatomical comparison. *Arquivos de Neuro-Psiquiatria* 63:46-9
38. Boelderl A, Daniaux H, Kathrein A, Maurer H. 2002. Danger of damaging the medial branches of the posterior rami of spinal nerves during a dorsomedian approach to the spine. *Clinical Anatomy* 15:77-81
39. Lofrese G, Mongardi L, Cultrera F, Trapella G, De Bonis P. 2017. Surgical treatment of intraforaminal/extraforaminal lumbar disc herniations: Many approaches for few surgical routes. *Acta neurochirurgica* 159:1273-81
40. Benini A. 1994. *Aktuelle Probleme in Chirurgie und Orthopädie* 44. pp. 87, 31-40. Huber

41. Gkasdaris G, Kapetanakis S. 2015. Clinical anatomy and significance of the lumbar intervertebral foramen: A review. *Journal of the Anatomical Society of India* 64:166-73
42. Gilchrist RV, Slipman CW, Isaac Z, Lenrow DA, Chou LH. 2002. Vascular supply to the lumbar spine: an intimate look at the lumbosacral nerve roots. *Pain physician* 5:288-93
43. Forsting M, Uhlenbrock D, Wanke I. 2009. *MRT der Wirbelsäule und des Spinalkanals*. Thieme
44. Breitenseher JB, Pones M, Breitenseher MJ. 2017. Nomenklatur der (lumbalen) Bandscheiben. *Radiologie up2date* 17:63-77
45. Rengachary SS, Wilkins RH. 1999. *Neurosurgical Operative Atlas*. pp 243-251. Lippincott Williams & Wilkins
46. Kahanovitz N. 1991. *Diagnosis and treatment of low back pain*. New York: Raven Press
47. Beyer L. 2011. Stabilität und Instabilität der Wirbelsäule im Alter. *Manuelle Medizin* 49:418-20
48. Biely S, Smith S, Silfies S. 2006. Clinical Instability of the Lumbar Spine: Diagnosis and Intervention. *Ortho Phys Ther Prac* 3
49. Krismer M, Haid C, Ogon M, Behensky H, Wimmer C. 1997. Biomechanics of lumbar instability. *Der Orthopade* 26:516-20
50. Wilke H-J, Zanker D, Wolfram U. 2012. Internal morphology of human facet joints: comparing cervical and lumbar spine with regard to age, gender and the vertebral core. *J Anat* 220:233-41
51. Jerosch J, Schippers N, Faustmann PM, Heisel J. 2005. *Das lumbale Facettensyndrom*. pp 15-17. Springer Berlin Heidelberg
52. Panjabi MM. 2003. Clinical spinal instability and low back pain. *Journal of electromyography and kinesiology : official journal of the International Society of Electrophysiological Kinesiology* 13:371-9
53. Krause R. 2008. Die visuelle Analogskala. *DO - Deutsche Zeitschrift für Osteopathie* 6
54. Hilfiker R. 2009. Diagnostik: Schmerzintensität messen mit visueller Analog- und numerischer Ratingskala. *Zeitschrift für Komplementärmedizin* 1:54-5
55. Fairbank JC, Couper J, Davies JB, O'Brien JP. 1980. The Oswestry low back pain disability questionnaire. *Physiotherapy* 66:271-3

56. Tal A. 2009. Rückenschmerzen im Alltag bestimmen. *physiopraxis* 7:46-7
57. MacCormick AP, Sharma H. 2018. Does the severity of pain correlate with severity of functional disability? Factors influencing 'patient reported outcome measures' in spinal patients. *SICOT J* 4:43-
58. Chapman JR, Hanson B, Dettori JR. 2011. *Spine Outcomes Measures and Instruments*. pp 88. AO
59. Davidson M. 2014. Oswestry Disability Questionnaire. In *Encyclopedia of Quality of Life and Well-Being Research*, ed. AC Michalos:4533-7. Dordrecht: Springer Netherlands. Number of 4533-7 pp.
60. 2014. Oswestry Low Back Disability Questionnaire. In *Encyclopedia of Quality of Life and Well-Being Research*, ed. AC Michalos:4537-. Dordrecht: Springer Netherlands. Number of 4537- pp.
61. Ferrari S, Manni T, Bonetti F, Villafane JH, Vanti C. 2015. A literature review of clinical tests for lumbar instability in low back pain: validity and applicability in clinical practice. *Chiropractic & manual therapies* 23:14
62. <http://www.euro.who.int/en/health-topics/disease-prevention/nutrition/a-healthy-lifestyle/body-mass-index-bmi>.
63. Keller D. Multiple Liniare Regression mit SPSS/IBM.30
64. R.Niketta. Kommentierter SPSS-Output für die multiple Regressionsanalyse (SPSS-Version 17).13
65. Al-Khawaja DO, Mahasneh T, Li JC. 2016. Surgical treatment of far lateral lumbar disc herniation: a safe and simple approach. *Journal of Spine Surgery* 2:21-4
66. Theuss SL. 2010. *Der extraforaminal, laterale Bandscheibenvorfall der Lendenwirbelsäule : Langzeitergebnisse einer unizentrischen, klinischen Studie*
67. Steinsiepe KF, Vardar U, Benini A, Scharfetter F. 1994. [Postoperative results of intra- and extraforaminal lumbar disk hernia: microsurgical lateral approach with and without discectomy]. *Aktuelle Probleme in Chirurgie und Orthopadie* 44:117-20
68. Celikoglu E, Kiraz I, Is M, Cecen A, Ramazanoglu A. 2014. The surgical treatment of far lateral lumbar disc herniation: 33 cases. *Acta orthopaedica Belgica* 80:468-76
69. Samini F, Bahadorkhan G, Ehsaei MR, Kheradmand H. 2008. Intraforaminal and extraforaminal far lateral lumbar disc herniation ( a review of 63 cases). *Medical Journal of the Islamic Republic Of Iran* 22:63-7

70. Bae JS, Kang KH, Park JH, Lim JH, Jang IT. 2016. Postoperative Clinical Outcome and Risk Factors for Poor Outcome of Foraminal and Extraforaminal Lumbar Disc Herniation. *Journal of Korean Neurosurgical Society* 59:143-8
71. Papavero L. 2000. The Lateral, Extraforaminal Approach. In *Minimally Invasive Spine Surgery: A Surgical Manual*, ed. HM Mayer:93-104. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. Number of 93-104 pp.
72. Greiner-Perth R, Böhm H, Allam Y. 2003. A new technique for the treatment of lumbar far lateral disc herniation: technical note and preliminary results. *European spine journal : official publication of the European Spine Society, the European Spinal Deformity Society, and the European Section of the Cervical Spine Research Society* 12:320-4
73. Greiner-Perth R, Böhm H, Allam Y. 2003. A new technique for the treatment of lumbar far lateral disc herniation: technical note and preliminary results. *European Spine Journal* 12:320-4
74. Mayer HM, Crock HV. 2013. *Minimally Invasive Spine Surgery: A Surgical Manual*. Springer Berlin Heidelberg
75. Greiner-Perth R, Böhm H, Allam Y. 2003. A new technique for the treatment of lumbar far lateral disc herniation: technical note and preliminary results. *European spine journal : official publication of the European Spine Society, the European Spinal Deformity Society, and the European Section of the Cervical Spine Research Society* 12:320-4
76. Ikuta K, Tarukado K, Masuda K. 2017. Characterization and Risk Factor Analysis for Recurrence Following Microendoscopic Discectomy for Lumbar Disk Herniation. *J Neurol Surg A Cent Eur Neurosurg* 78:154-60
77. Olmarker K. 2001. Radikuläre Schmerzen. *Der Schmerz* 15: 425-29
78. Garfin SR, Rydevik B, Lind B, Massie J. 1995. Spinal Nerve Root Compression. *Spine* 20: 1810-20
79. Allegri M, Montella S, Salici F, Valente A, Marchesini M, et al. 2016. Mechanisms of low back pain: a guide for diagnosis and therapy. *F1000Research* 5: F1000 Faculty Rev-530
80. Portenoy RK, Cruciani R. 2009. Chapter 28-Neuropathic Pain In *Pain Management Secrets(Third Edition)*, ed. CE Argoff, G McCleane, pp. 184-209. Philadelphia: Mosby

81. Wilmink JT. 2010. *Lumbar Spinal Imaging in Radicular Pain and Related Conditions: Understanding Diagnostic Images in a Clinical Context.* pp. 1-4. Springer Berlin Heidelberg.
82. Salme K, Lidar Z. 2010. Minimally invasive approach to far lateral lumbar disc herniation:technique and clinical results. *Acta neurochirurgica* 152: 663-8

## VIII. Eidesstattliche Versicherung

---

Ich versichere eidesstattlich durch eigenhändige Unterschrift, dass ich die Arbeit selbstständig und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe. Alle Stellen, die wörtlich oder sinngemäß aus Veröffentlichungen entnommen sind, habe ich als solche kenntlich gemacht.

Die Arbeit ist noch nicht veröffentlicht und ist in gleicher oder ähnlicher Weise noch nicht als Studienleistung zur Anerkennung oder Bewertung vorgelegt worden. Ich weiß, dass bei Abgabe einer falschen Versicherung die Prüfung als nicht bestanden zu gelten hat.

Rostock

---

(Abgabedatum)

---

(Vollständige Unterschrift)

IX. Anlage

---

Name	Vorname	Aufn.-Nr.
Straße	Wohnort	PLZ
Telefon		

**I.PRÄOPERATIVE DOKUMENTATION:**

**A) Demographische Daten:**

Geschlecht	
Alter	
BMI	

**B) Diagnose: Bandscheibenvorfall**

L1/2		L2/3		L3/4		L4/5		L5/S1	
------	--	------	--	------	--	------	--	-------	--

extraforaminal		intraforaminal		intra/extrforaminal	
----------------	--	----------------	--	---------------------	--

Links		Rechts	
-------	--	--------	--

**C) Symptomatik:**

Schmerzanamnese:	<6Wochen	<input type="checkbox"/>	>6Wochen	<input type="checkbox"/>
------------------	----------	--------------------------	----------	--------------------------

Frühere LWS Beschwerden:	Ja	<input type="checkbox"/>	Nein	<input type="checkbox"/>
--------------------------	----	--------------------------	------	--------------------------

Lumbalgien	<input type="checkbox"/>	Femoralgien	<input type="checkbox"/>	Ischialgien	<input type="checkbox"/>
------------	--------------------------	-------------	--------------------------	-------------	--------------------------

Sensibilitätsstörungen:	Ja	<input type="checkbox"/>	Nein	<input type="checkbox"/>
-------------------------	----	--------------------------	------	--------------------------

Paresen:	KG.1/5	<input type="checkbox"/>	KG.2/5	<input type="checkbox"/>	KG.3/5	<input type="checkbox"/>	KG.4/5	<input type="checkbox"/>	KG.5/5	<input type="checkbox"/>
----------	--------	--------------------------	--------	--------------------------	--------	--------------------------	--------	--------------------------	--------	--------------------------

**D) Konservative Therapie:**

Nicht-Opioid-Analgetikum	Ja	<input type="checkbox"/>	Nein	<input type="checkbox"/>
--------------------------	----	--------------------------	------	--------------------------

Schwaches Opioid	Ja	<input type="checkbox"/>	Nein	<input type="checkbox"/>
------------------	----	--------------------------	------	--------------------------

Starkes Opioid	Ja	<input type="checkbox"/>	Nein	<input type="checkbox"/>
----------------	----	--------------------------	------	--------------------------

PRT	Ja	<input type="checkbox"/>	Nein	<input type="checkbox"/>
-----	----	--------------------------	------	--------------------------

Physiotherapie	Ja	<input type="checkbox"/>	Nein	<input type="checkbox"/>
----------------	----	--------------------------	------	--------------------------

**E) Nebendiagnosen:**

Diabetes mellitus	<input type="checkbox"/>
Herzkreislauferkrankungen	<input type="checkbox"/>
Nikotinabusus	<input type="checkbox"/>
Alkoholabusus	<input type="checkbox"/>
Osteoporose	<input type="checkbox"/>
Malignom	<input type="checkbox"/>

**II. OPERATIVE DOKUMENTATION:**

Op. Zeit:	<input type="text"/>
-----------	----------------------

Freier Sequester	<input type="checkbox"/> Ja	<input type="checkbox"/> Nein	<input type="checkbox"/>
------------------	-----------------------------	-------------------------------	--------------------------

Ausräumung Bandscheibenfach	<input type="checkbox"/> Ja	<input type="checkbox"/> Nein	<input type="checkbox"/>
-----------------------------	-----------------------------	-------------------------------	--------------------------

Komplikationen:	<input type="checkbox"/> Blutung	<input type="checkbox"/> Nervenverletzung	<input type="checkbox"/> Duraverletzung	<input type="checkbox"/>
-----------------	----------------------------------	---	---	--------------------------

### III. POSTOPERATIVE DOKUMENTATION

Dauer des Krankenhausaufenthaltes	<input type="text"/>	Tag
-----------------------------------	----------------------	-----

#### ENTLASSUNGSSTATUS:

Lumbalgien:	gleich	<input type="checkbox"/>	weniger	<input type="checkbox"/>	Keine	<input type="checkbox"/>
-------------	--------	--------------------------	---------	--------------------------	-------	--------------------------

radikuläre Schmerzen:	gleich	<input type="checkbox"/>	weniger	<input type="checkbox"/>	keine	<input type="checkbox"/>
-----------------------	--------	--------------------------	---------	--------------------------	-------	--------------------------

Sensibilitätsstörungen:	gleich	<input type="checkbox"/>	weniger	<input type="checkbox"/>	keine	<input type="checkbox"/>
-------------------------	--------	--------------------------	---------	--------------------------	-------	--------------------------

Paresen:	gleich	<input type="checkbox"/>	weniger	<input type="checkbox"/>	keine	<input type="checkbox"/>
----------	--------	--------------------------	---------	--------------------------	-------	--------------------------

Parese:	KG.1/5	<input type="checkbox"/>	KG.2/5	<input type="checkbox"/>	KG.3/5	<input type="checkbox"/>	KG.4/5	<input type="checkbox"/>	KG.5/5	<input type="checkbox"/>
---------	--------	--------------------------	--------	--------------------------	--------	--------------------------	--------	--------------------------	--------	--------------------------

Wundheilstörung	Ja	<input type="checkbox"/>	oberflächlich	<input type="checkbox"/>	tief	<input type="checkbox"/>	operative Revision	<input type="checkbox"/>
-----------------	----	--------------------------	---------------	--------------------------	------	--------------------------	--------------------	--------------------------

Nein	<input type="checkbox"/>
------	--------------------------

**IV. NACHUNTERSUCHUNG:**

Zeitpunkt postop.

**A.) Symptomatik im Vergleich zum Entlassungsstatus:**

Lumbalgien: gleich      weniger      Keine

radikuläre Schmerzen: gleich      weniger      keine

Sensibilitätsstörungen: gleich      weniger      keine

Paresen: gleich      weniger      keine

Parese: KG.1/5      KG.2/5      KG.3/5      KG.4/5      KG.5/5

**B.) Schmerzmitteleinahme:**

Nicht-Opioid-Analgetikum Ja      Nein

Schwaches Opioid Ja      Nein

Starkes Opioid Ja      Nein

C.) Komplikationen:

Rezidiv:	Ja		Nein	
	früh		spät	

Läsion des Spinalganglions	Ja		Nein	
----------------------------	----	--	------	--

lumbale Instabilität:	Passiver lumbaler Extensionstest	Poz.		Neg.	
-----------------------	----------------------------------	------	--	------	--

D.) Scores:

Oswestry Disability Index (ODI)

VAS Schmerzscore präoperativ

VAS Schmerzscore postoperativ (Nachuntersuchung)

E.) Postoperative Physiotherapie:

Ja		Nein	
----	--	------	--

**F.)Berufsleben:**

Beruf	
-------	--

Dauer der Arbeitsunfähigkeit :	präoperativ		postoperativ	
--------------------------------	-------------	--	--------------	--

Wiedereingliederung in den Beruf:	gleicher Beruf		Umschulung		Berentung	
-----------------------------------	----------------	--	------------	--	-----------	--

**G.)Bemerkungen:**

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

Datum

Untersucher

**Visuelle Analogskala-Schmerz (VAS)**

Name.....

Vorname.....

Geburtsdatum.....

Bitte markieren Sie auf die unteren Linien durch einen vertikalen Strich wie stark die von Ihnen empfundenen Schmerzen vor der Operation waren bzw. zurzeit sind.

**Vor der Operation:**



**Zurzeit:**



**Passiver lumbaler Extensionstest(PLE):**

(Sensitivität 84,2%; Spezifität 90,4%)

Name	Vorname
------	---------

- Schmerzen in der lumbalen Wirbelsäule
- "Schweregefühl im Kreuz"
- "Durchbrechgefühl im Kreuz"

Positiv	
---------	--

- keine Schmerzen in der lumbalen Wirbelsäule
- leichte Taubheit/Kribbeln während dem Test

Negativ	
---------	--

**A New Evaluation Method for Lumbar Spinal Instability: Passive Lumbar Extension Test**

Yuichi Kasai, Koichiro Morishita, Eiji Kawakita, Tetsushi Kondo and Atsumasa Uchida

*PHYS THER.* 2006; 86:1661-1667.

## **LEBENSLAUF:**

### **PERSONALIEN**

Name und Vorname: Valentin Corneliu Vulpe

Geburtsdatum: 17.07.1975

Geburtsort: Brasov/Rumänien

Wohnort: Plau am See

### **SCHULBILDUNG UND STUDIUM:**

1982-1994 Deutsches „Johannes Honterus“ Gymnasium in Brasov  
(Deutsch als Muttersprache); Abschluss: Abitur

1994-1996 Schule für Krankenpflege in Brasov

1996-2002 Medizinhochschule „Carol Davila“ Bukarest, Rumänien

2003-2004 PJ- „Prof. Dr. Panait Sarbu“ Frauenklinik Bukarest

23.11.2003 Nationale-Zulassungsprüfung für die Weiterbildung als Facharzt  
und Wahl der Neurochirurgie als Weiterbildungsfach

### **AUSBILDUNGSCURRICULUM:**

2004-2007 Assistenzarzt für Neurochirurgie an der „Universitätsklinikum Prof. Dr. D. Bagdasar“ Bukarest, Leiter Prof. Dr. Vlad Ciurea

2007-2012 Assistenzarzt für Neurochirurgie Klinikum Plau am See-  
Leiter Prof. Dr. med. E. Donauer

2012      Facharztprüfung Neurochirurgie (Ärztekammer M-V)

2012-2014 Facharzt für Neurochirurgie Klinikum Plau am See

2014-2015 Funktionsoberarzt Klinikum Plau am See

2016-derzeit Oberarzt für Neurochirurgie Klinikum Plau am See