

Unilaterale Laminotomie bei lumbaler Spinalkanalstenose:
prognostische Faktoren für Langzeitergebnis und
Revisionsoperationen

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

vorgelegt von Thomas Steingrüber
aus Leipzig

Gießen 2020

Aus dem Fachbereich Medizin der Justus-Liebig-Universität Gießen
Klinik für Neurochirurgie

Gutachter: Prof. Dr. med. Eberhard Uhl

Gutachter: PD Dr. med. Christian Fölsch

Tag der Disputation: 29.10.2021

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Hintergrund	1
1.2	Grundlagen und Anatomie der Wirbelsäule	1
1.3	Die lumbale Spinalkanalstenose	4
1.3.1	Pathogenese	4
1.3.2	Klassifikation der Spinalkanalstenose	7
1.3.3	Klinik	8
1.3.4	Diagnostik	9
1.3.5	Differentialdiagnosen	11
1.3.6	Therapie	12
1.4	Die unilaterale Laminotomie mit Undercutting	18
1.4.1	Ablauf der Operation	18
1.4.2	Nachbehandlung	20
1.4.3	Mögliche Komplikationen	21
1.4.4	Vor- und Nachteile	21
1.5	Ziel der Studie	22
2	Methoden	23
2.1	Patientenkollektiv	23
2.2	Studienablauf	24
2.3	Datenerfassung	25
2.3.1	Präoperative Daten	25
2.3.2	Intra-/perioperative Daten	26
2.3.3	Postoperative Daten	26
2.3.4	Follow-Up Untersuchungen	27
2.3.5	Fragebogen und Telefoninterview	27
2.3.6	Last Follow-Up	28
2.3.7	ODQ-D	28
2.3.8	VAS – Visuelle Analogskala	30
2.4	Statistische Auswertung	30
3	Ergebnisse	32
3.1	Patientenkollektiv	32
3.2	Altersverteilung	32
3.3	Geschlechterverteilung	33
3.4	Vorerkrankungen	33

3.5	Potentielle Risikofaktoren	34
3.6	Voroperationen und weitere Vorbehandlungen.....	34
3.7	Präoperative Beschwerdesymptomatik	35
3.8	Präoperative radiologische Befunde	37
3.9	Operation	38
3.10	Komplikationen	39
3.11	Klinisches Ergebnis bei Entlassung	40
3.12	Kurzzeitergebnis	42
3.13	Langzeitergebnis.....	45
3.14	Fragebogen.....	47
3.15	Claudicatio-Langzeitergebnis unter Einbeziehung der Fragebogendaten	48
3.16	Reoperationen.....	49
3.17	Prognostische Faktoren für Revisionsoperationen und Claudicatio-Langzeitergebnis...	50
4	Diskussion	53
4.1	Methodenkritik.....	53
4.2	Patientencharakteristika	53
4.3	Vorerkrankungen und Risikofaktoren	54
4.4	Präoperative Faktoren.....	55
4.5	Unilaterale Laminotomie.....	58
4.6	Komplikationen	59
4.7	Reoperationen.....	61
4.8	Relevanz der degenerativen Spondylolisthese	63
4.9	Klinische Ergebnisse	63
4.10	Neurologische Befunde	66
4.11	Prädiktive Faktoren	66
4.12	Fragebogen.....	68
5	Zusammenfassung.....	69
6	Conclusion.....	70
7	Literaturverzeichnis	71
8	Anhang.....	80
	Abkürzungen	80
	Abbildungsverzeichnis	83
	Tabellenverzeichnis	84
	Veröffentlichungen.....	85
	Anhang Fragebogen	86

Danksagung.....	89
Erklärung zur Dissertation.....	90
Lebenslauf	

1 Einleitung

1.1 Hintergrund

Unter einer lumbalen Spinalkanalstenose (LSS) versteht man eine knöchern- und/oder ligamentär-bedingte (Bänder-assoziierte bzw. bindegewebige) Verengung des Wirbelkanals im Bereich der Lendenwirbelsäule, die bei über 20% der Menschen jenseits des sechzigsten Lebensjahres radiologisch nachgewiesen werden kann.¹ Häufig sind trotz bildmorphologischem Korrelat keine Beschwerden vorhanden. Bei einer klinisch manifesten LSS bestehen klassischerweise belastungsabhängige Rücken- und Beinschmerzen (Claudicatio spinalis), oft treten aber auch Beschwerden in Ruhe auf. Bei fortgeschrittener Kompression kann es darüber hinaus zu transienten oder permanenten sensorischen oder motorischen Ausfällen kommen. Bei einer mit dem Alter steigenden Prävalenz von 1,9% in der Altersgruppe von 40-49 Jahren bis 10,8% in der Altersgruppe von 70-79 Jahren² und einer jährlichen Inzidenz von 1,7-10%³ gehört die symptomatische lumbale Spinalkanalstenose zu den häufigen Erkrankungen der älteren Bevölkerung. Aufgrund der derzeitigen demographischen Entwicklung in den westlichen Entwicklungsländern wird die degenerative Form der LSS zudem weiterhin an Bedeutung gewinnen.⁴

Neben einer Vielzahl von konservativen Behandlungsoptionen stehen je nach Schweregrad verschiedene Operationstechniken zur Behandlung der LSS zur Verfügung.⁵ In der neurochirurgischen Klinik des Universitätsklinikums Gießen wird der Wirbelkanal mikrochirurgisch meist über einen unilateralen Zugang dekomprimiert. Diese Operationsmethode soll in der hier vorliegenden Arbeit auf das klinische Ergebnis und darauf Einfluss nehmende Faktoren untersucht werden.

1.2 Grundlagen und Anatomie der Wirbelsäule

In der Regel ist die Wirbelsäule aus 33 Wirbeln aufgebaut, die untereinander durch zahlreiche Gelenke und Bänder verbunden sind. Je nach Lokalisation werden von kranial nach kaudal 5 Wirbelgruppen unterschieden: 7 Halswirbel (Vertebrae cervicales), 12 Brustwirbel (Vertebrae thoracicae), 5 Lendenwirbel (Vertebrae lumbales), 5 Kreuzbeinwirbel (Vertebrae sacrales) und 4 rudimentäre Steißbeinwirbel (Vertebrae coccygeae). Im Allgemeinen besteht ein Wirbel aus Wirbelkörper (Corpus vertebrae) und Wirbelbogen (Arcus vertebrae). Letzterer umschließt den Wirbelkanal. Je nach Segmenthöhe sind bestimmte knöcherne Fortsätze mehr oder weniger prominent ausgebildet, um den jeweiligen Aufgabenstellungen und typischerweise einwirkenden Belastungen gerecht zu werden.

Im Folgenden soll in Vorbereitung auf die Abhandlungen zur LSS insbesondere auf den lumbalen Teil der Wirbelsäule eingegangen werden. Aufgrund der in erster Linie tragenden Funktion der Lendenwirbel sind ihre Wirbelkörper deutlich größer als die der anderen Abschnitte. An den Seiten befinden sich Rippenfortsätze (Processus costales), die eine rudimentäre Fortsetzung der Rippen kaudal der Brustwirbelsäule darstellen. Die Dornfortsätze (Processus spinosi) sind plattenartig und fast horizontal nach hinten gerichtet, während die durch die Processus articulares superiores und inferiores gebildeten Facettengelenkflächen fast vertikal stehen, weshalb eine Rotation im Bereich der LWS im Vergleich zur HWS oder BWS deutlich eingeschränkt ist (siehe Abb. 1).

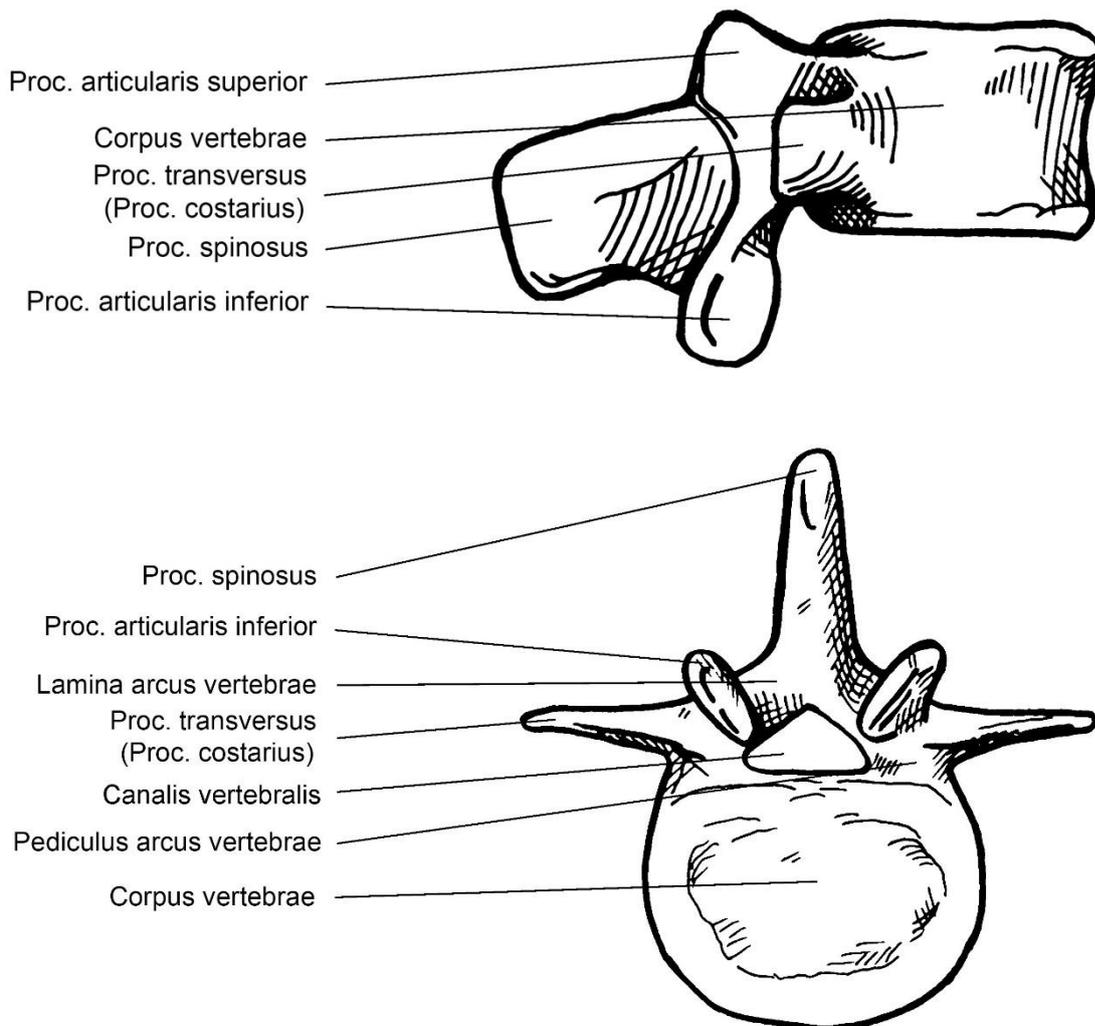


Abb. 1: Lendenwirbelkörper von lateral und kaudal (Quelle: eigene Darstellung)

Die Hauptbewegungsmöglichkeiten in diesem Bereich sind deshalb die Dorsalextension und Ventralflexion. Der Spinalkanal im Bereich der LWS ist kranial eher rund und kaudal eher dreieckig geformt und misst im mittleren sagittalen Durchmesser je nach Alter, Größe, Gewicht und ethnischer Herkunft ca. 14-18mm.^{6,7} Bis zur Höhe der Wirbelkörper LWK1/2 liegt beim Erwachsenen das Rückenmark (Medulla spinalis) im Spinalkanal. Unterhalb hiervon verlaufen die Nervenwurzeln als „Strang“ (Cauda equina) weiter nach kaudal. Sowohl Medulla spinalis als auch Cauda equina sind von Rückenmarkshäuten umgeben, die den Duralsack formen. Zwischen der Knochenhaut (Periost) der Wirbel und der äußeren harten Rückenmarkshaut (Dura mater) befindet sich der mit Fettgewebe gefüllte Epiduralraum, in welchem auch arterielle- und venöse Gefäße verlaufen. Der Dura mater schließt sich von innen die Spinnwebenhaut (Arachnoidea mater) an, welche von der inneren, dem Rückenmark bzw. den Nervenwurzeln direkt aufliegenden weichen Rückenmarkshaut (Pia mater) durch den mit Liquor gefüllten Subarachnoidalraum getrennt ist.

Zwischen allen Wirbelkörpern befinden sich Zwischenwirbelscheiben (Disci intervertebrales). Weiterhin erstreckt sich über die gesamte Länge der Wirbelsäule der Bandapparat, bestehend aus den Längsbändern (Ligg. longitudinalia anterior und posterior), welche an den Vorder- und Rückseiten der Wirbelkörper entlang ziehen, den Ligg. flava, elastischen Bindegewebssträngen zwischen den Wirbelbögen, und diversen Einzelbändern, die für zusätzliche Stabilisierung zwischen den verschiedenen Fortsätzen sorgen.⁸ Entlang den Spitzen der Procc. spinosi erstrecken sich die Ligg. supraspinalia, während die übrigen Teile der Dornfortsätze untereinander durch die Ligg. interspinalia verbunden sind. Zwischen den Procc. transversi verlaufen die Ligg. intertransversaria (siehe Abb. 2).

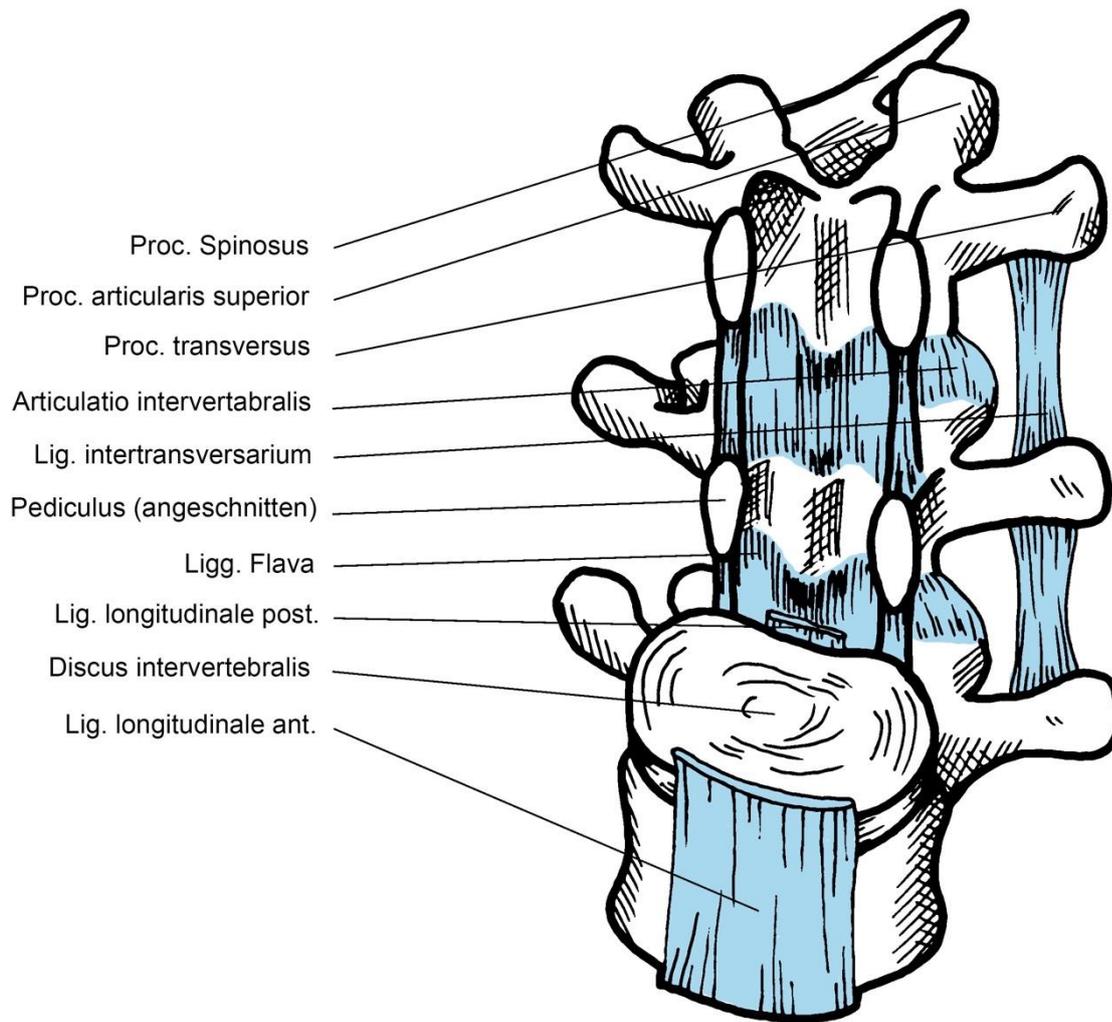


Abb. 2: Überblick über den Bandapparat der LWS. (Quelle: eigene Darstellung)

1.3 Die lumbale Spinalkanalstenose

1.3.1 Pathogenese

Bei der Pathogenese der lumbalen Spinalkanalstenose wird prinzipiell unterschieden zwischen der primären, kongenitalen und der sekundären, erworbenen Form. Letztere kann sich beispielsweise nach Traumata im Bereich der Lendenwirbelsäule entwickeln.

¹ Die mit Abstand häufigste Ursache für eine erworbene LSS sind allerdings altersbedingte degenerative Prozesse. ⁹ Deshalb wird sich die vorliegende Arbeit ausschließlich mit diesem Typ beschäftigen.

Degenerative Prozesse, welche sich über ein oder mehrere Wirbelsegmente erstrecken können, entstehen laut Literatur folgendermaßen: Durch altersbedingten Wasserverlust der Zwischenwirbelscheiben kommt es zu einer Protrusion

(Vorwölbung) derselben mit sagittaler Einengung des Wirbelkanals und einer Höhenminderung des betroffenen Segmentes. Dies hat wiederum eine Verschmälerung der lateralen Rezessus und der Neuroforamina zur Folge. Außerdem kommt es durch die vertikale Stauchung mit Verminderung des interlaminären Abstandes zu einer Laxizität des Bandapparates mit Faltung und Vorwölbung der Ligg. flava in den Wirbelkanal und zunehmender Instabilität, insbesondere an den Facettengelenken. Die bloße Vorwölbung der Ligg. flava in den Spinalkanal lässt sich im Gegensatz zur echten Flavumhypertrophie noch durch Entlordosierung weitgehend aufheben. Die betroffenen Bandstrukturen reagieren aber auf die übermäßige Beweglichkeit mit fibrotischer Hypertrophie und dem Abbau der elastischen Fasern (siehe Abb. 3).¹ Ebenfalls aufgrund von reaktiver Hypertrophie nimmt auch der Knochen, beispielsweise an den instabilen Facettengelenken an Umfang zu. Die dadurch entstandene Einengung des Spinalkanals kann noch verstärkt werden, wenn es durch erhöhten Druck zu einer venösen Stauung mit entsprechender Umfangsvermehrung der Epiduralvenen kommt.¹⁰ Im Falle einer nicht ausreichenden Stabilisierung des betroffenen Segmentes durch die o.g. Umbauprozesse kann es auch zu einer degenerativen Spondylolisthese, also einem Wirbelgleiten, kommen.

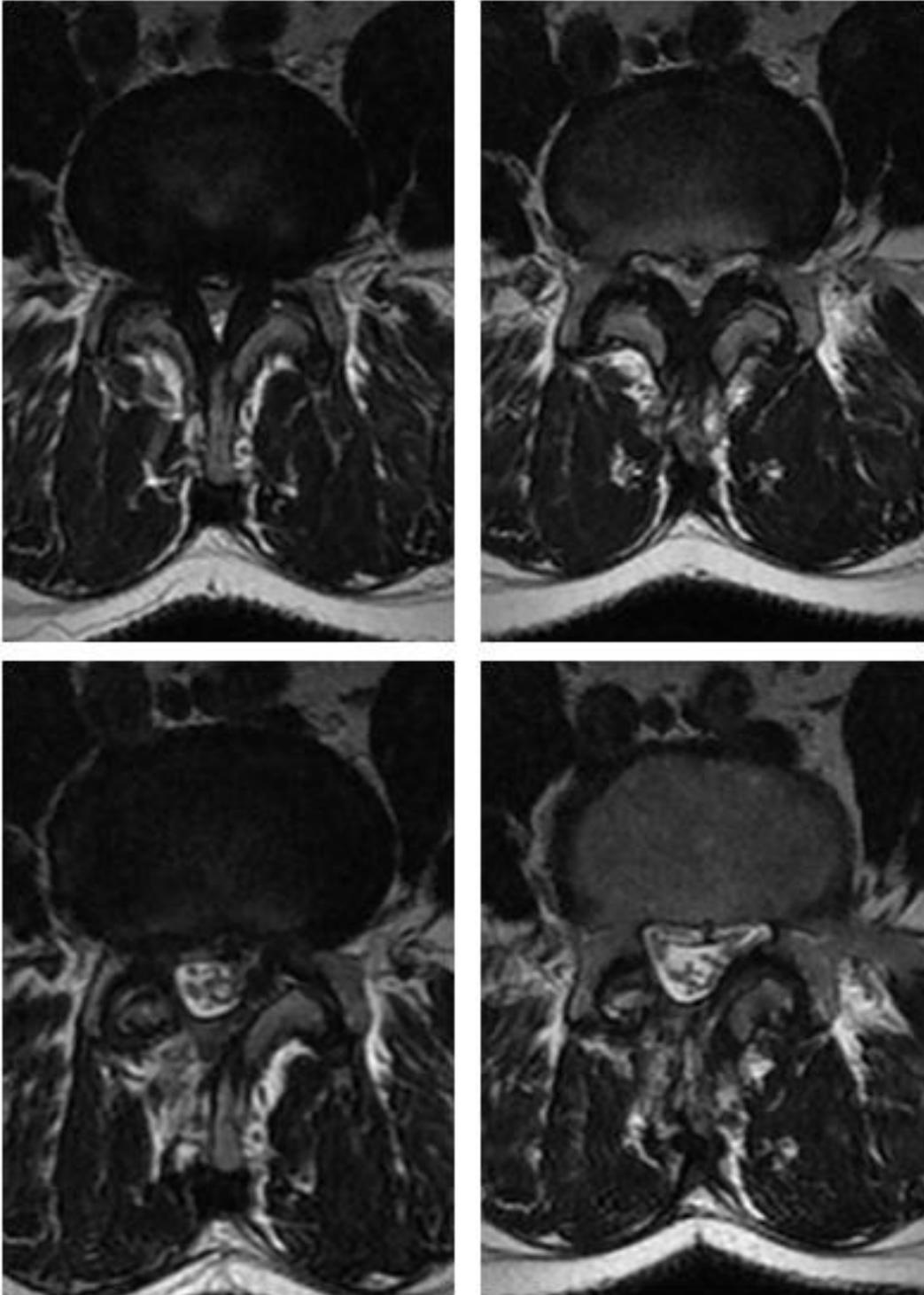


Abb. 3: MRT-Befunde vor und nach Dekompressionsoperationen bei LSS. Axiales MRT vor einer Dekompressionsoperation (oben) mit Nachweis einer massiven Hypertrophie des Lig. flavum, einer Gelenkhypertrophie und einer weiteren Einengung des Spinalkanals von Seiten der Bandscheibe. Auf den unteren Bildern sieht man den dekomprimierten Durasack [4] (Verwendung des Bildmaterials mit Zustimmung von Springer Nature)

1.3.2 Klassifikation der Spinalkanalstenose

Neben der bereits angesprochenen Unterscheidung der LSS in eine angeborene und eine erworbene Form, gibt es in der Literatur noch weitere Möglichkeiten der Einteilung. Beim horizontalen Blick auf die Wirbelsäule werden von medial nach lateral unterschieden: die zentrale Stenose, welche im Bereich der Cauda equina einengend wirkt, die laterale Rezessusstenose, die das subartikuläre Gebiet betrifft, die Foramenstenose, die am Austrittsort der Nervenwurzeln komprimierend wirkt und die extraforaminale Stenose, bei der es zu einer Kompression des bereits ausgetretenen Spinalnerven kommt. ¹¹ Die drei letzten Formen werden oft auch zur lateralen Spinalkanalstenose zusammengefasst (siehe Abb. 4). Je nach Ausprägung können außerdem einzelne oder mehrere Segmente stenotisch verändert sein, weshalb auch von mono-, bi- und mehrsegmentalen sowie generalisierten Spinalkanalstenosen gesprochen wird, bei denen über die ganze Länge der Wirbelsäule verteilt Stenosen auftreten können. Weiterhin kann die Einengung sowohl durch knöcherne, als auch durch bandartige Gewebsvermehrungen bedingt sein. Isolierte Bandscheibenprotrusionen, die zur Einengung neuraler Strukturen führen, werden als eigenes Krankheitsbild betrachtet. Allerdings können sie auch vergesellschaftet mit oben genannten Stenosen auftreten. ¹²

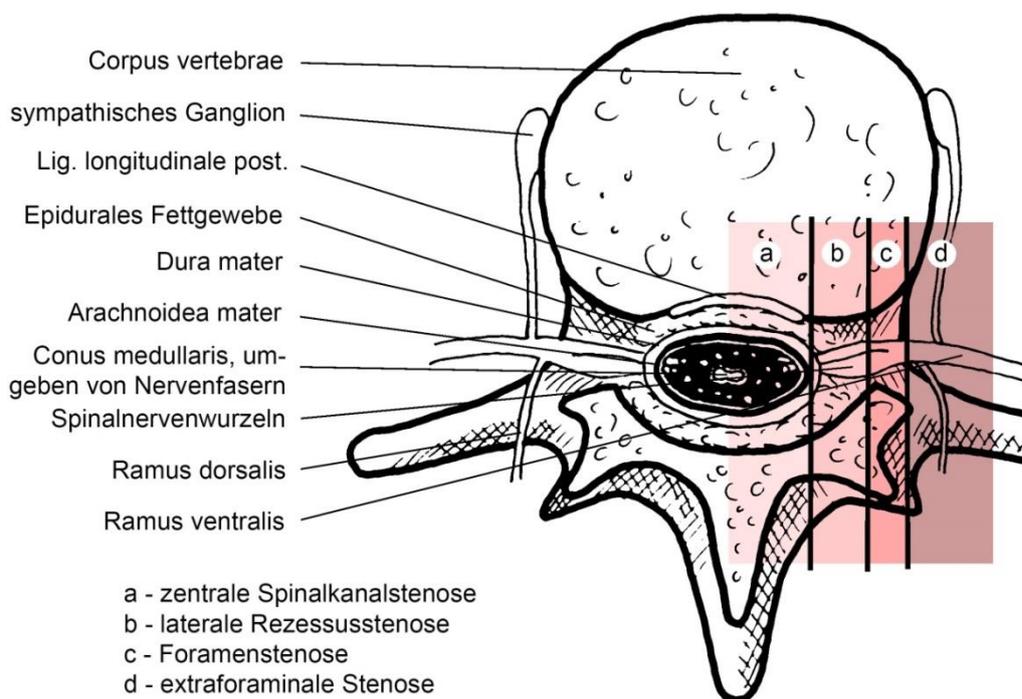


Abb. 4: Zentrale-, Rezessus-, Foramen- und extraforaminale Stenose. (Quelle: eigene Darstellung)

1.3.3 Klinik

Je nach Lokalisation der Spinalkanalstenose kann es zu ein- oder beidseitigen Kompressionssymptomen kommen, die sich meist als starke lumbale oder gluteale Rückenschmerzen, radikulär einschießende Beinschmerzen sowie als belastungsabhängige, neurogene Claudicatio intermittens (Claudicatio spinalis) äußern.^{10,13,14} Letztere ist besonders typisch für die zentrale Form der Spinalkanalstenose und äußert sich oft durch vom Rücken in ein oder beide Beine einschießende Schmerzen.¹⁵ Wie bei der Claudicatio intermittens, die typischerweise bei der peripheren arteriellen Verschlusskrankheit (pAVK) auftritt, kommt es nach einer schmerzfreien Gehstrecke zu Beschwerden. Diese sind im Rahmen ihres belastungsabhängigen Charakters mit einer zum Teil starken Einschränkung der Gehstrecke und Mobilität verbunden. Im Gegensatz zur pAVK-vermittelten Claudicatio führt ein bloßes Stehenbleiben oft nicht zu einer Schmerzlinderung.¹⁰ Stattdessen sistieren im Sitzen oder in vornübergebeugter Haltung die Beschwerden meist sofort.¹⁶ Dies wird durch die mit besagten Manövern einhergehende Entlordosierung erreicht. Hierbei kommt es zu einer Erweiterung der Neuroforamina bzw. des Spinalkanals sowie zur Straffung der Ligg. Flava (siehe Abb. 5). Neben den spezifischen Schmerzen kann es auch zu fokalen neurologischen Ausfallerscheinungen wie Paresen und Sensibilitätsstörungen im Versorgungsgebiet der komprimierten Nerven kommen, in schweren Fällen auch zu Blasen- und Mastdarmentleerungsstörungen.

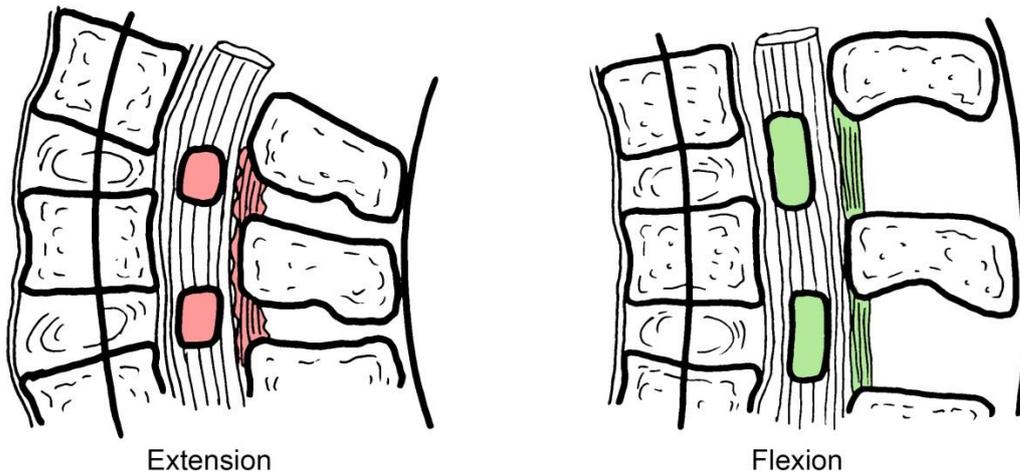


Abb. 5: Ursachen für die Schmerzlinderung bei Entlordosierungsmanövern. Bei Überstreckung der Wirbelsäule (links) verkleinern sich die Neuroforamina (schematisch dargestellt) und die Ligg. flava werden gestaucht, wobei sie sich in Falten legen und dadurch komprimierend wirken können, während bei der Beugung der Wirbelsäule (rechts) die Neuroforamina größer werden und die Ligg. flava gestreckt werden, wodurch sie einen geringeren komprimierenden Effekt auf den Wirbelkanal ausüben. (Quelle: eigene Darstellung)

1.3.4 Diagnostik

Einen besonders hohen Stellenwert in der Diagnostik der lumbalen Spinalkanalstenose nehmen, vor allem wegen der Abgrenzung zu den Differentialdiagnosen pAVK, Polyneuropathie und Coxarthrose, die ausführliche Anamnese und die körperliche Untersuchung mit neurologischem Status ein. Eine konventionelle Röntgenaufnahme der Lendenwirbelsäule in zwei Ebenen kann Hinweise auf das Vorhandensein von degenerativen Veränderungen wie Spondylophytenbildung (überschießende Knochenneubildungen) im Bereich der Wirbelkanten, eine Höhenminderung der Bandscheibenfächer oder Facettengelenksarthrose geben.¹⁷ Funktionsaufnahmen, jeweils in Flexions- und Extensionsstellung angefertigt, sind zur Demaskierung eines (instabilen) Wirbelgleitens geeignet, welches, wenn diagnostiziert, einen entscheidenden Einfluss auf die Wahl des passenden Operationsverfahrens hat. Zur Klassifikation einer solchen (Pseudo-)Spondylolisthese nimmt man sich die Meyerding-Klassifikation zu Hilfe, bei der ein Wirbelgleiten eingeteilt wird in °I (bei einem Versatz des abgeglittenen Wirbels zum weiter kaudal liegenden von weniger als einem Viertel) bis °IV (bei einem Versatz von mehr als drei Viertel der Fläche, siehe Abb. 6). Meyerding °V entspricht einer Spondyloptose, bei der ein abgeglittener Wirbel den Kontakt zu den angrenzenden Wirbeln komplett verloren hat.

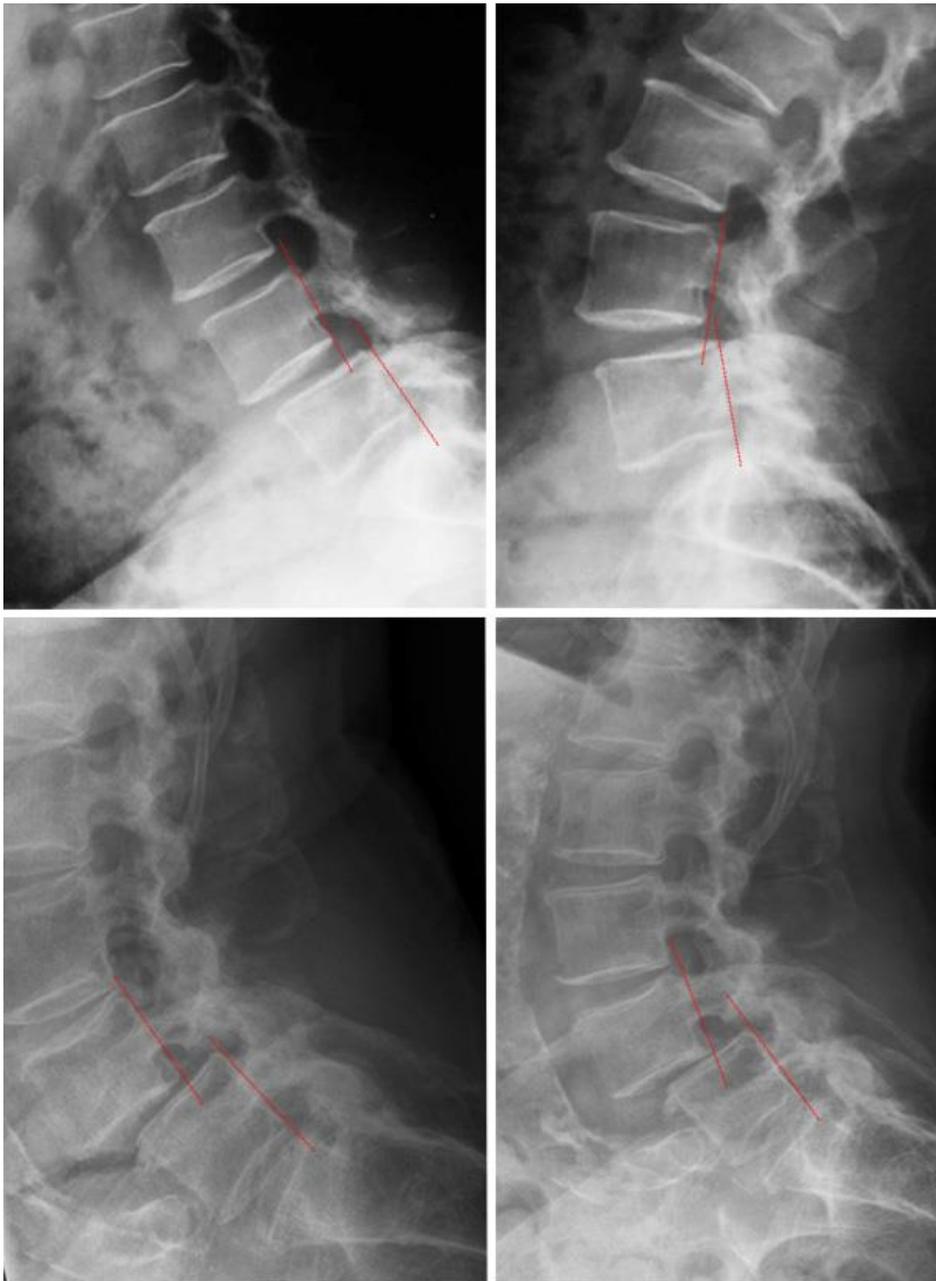


Abb. 6: Instabile und stabile Spondylolisthese LWK 4/5. Instabile Spondylolisthese (oben) und eine stabile Spondylolisthese (unten). In den Funktionsaufnahmen ist bei der instabilen Form eine Zunahme des Wirbelgleitens bei Flexion zu erkennen, während lediglich eine geringe Differenz der Verschiebung zwischen Flexion (links) und Extension (rechts) bei der stabilen Spondylolisthese zu beobachten ist. (Obere Bilder mit Genehmigung durch Francesco Ciro Tamburrelli, Researchgate.net, fig1_50892666, untere Bilder mit Genehmigung durch Dr. Henry Knipe, Radiopaedia.org, rID 39102, rID 39102)

Die eigentliche Stenose kann am besten mit Schnittbildverfahren dargestellt werden. Dabei kommen Computertomografie (CT), Magnetresonanztomografie (MRT), Myelografie und Myelo-CT zum Einsatz (siehe Abb. 7). Aufgrund der besseren Darstellung von Weichteilen und Knochengewebe, sowie der fehlenden Strahlenbelastung wird im klinischen Alltag bevorzugt die MRT angewendet. In der Literatur wird sie zunehmend als Goldstandard gewertet ¹⁸, außerdem werden Magnetresonanz-Verfahren in Kombination mit anderen Techniken empfohlen. ¹⁹ Für alle Verfahren gilt allerdings, dass der Schweregrad der radiologischen Befunde nicht mit dem Ausmaß der Beschwerden korreliert. ^{20,21}

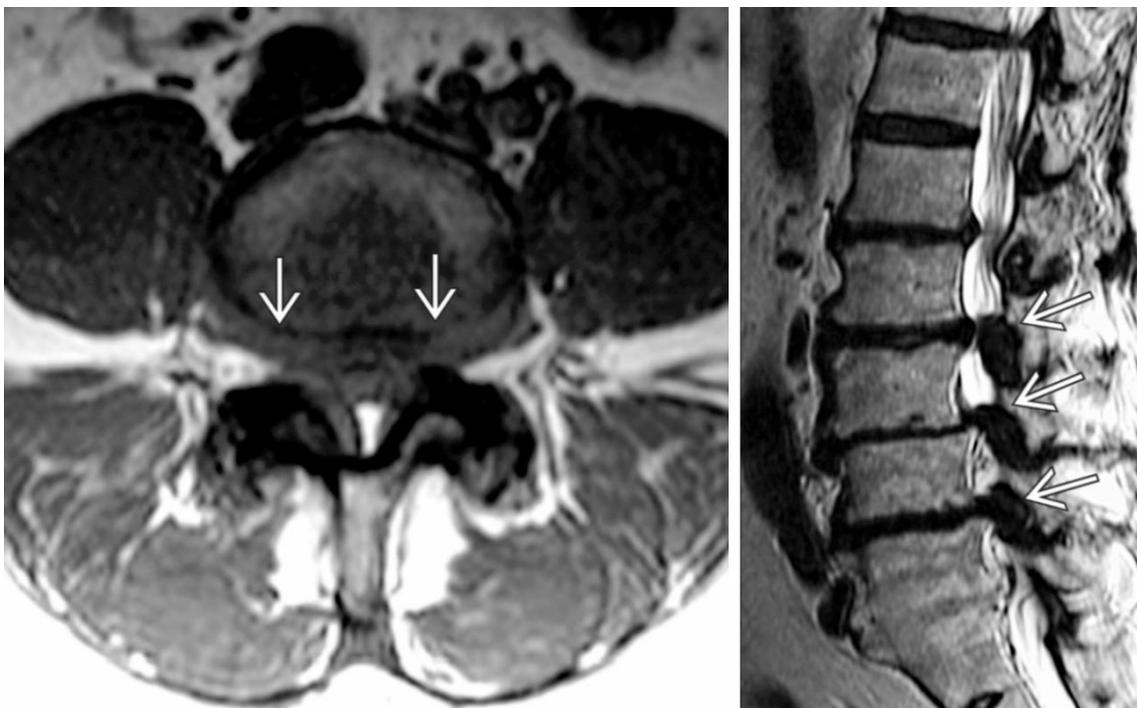


Abb. 7: Spinalkanalstenose im Myelo-MRT in 2 Ebenen. Ausgeprägte, zentrale, degenerative, lumbale Spinalkanalstenose mit Bandscheibenprotrusion und Facettengelenkshypertrophie in der axialen T1-Sequenz (links) und Bandscheibenprotrusion, Osteophyten und posteriorer Ligamenthypertrophie in der sagittalen T2-Sequenz (rechts), Bildmaterial von Acquired Lumbar Central Stenosis, Jeffrey S. Ross, MD (10.09.2019, <https://app.statdx.com/document/undefined/051f84ae-9c74-44e3-961f-f090a1f2c945>)

1.3.5 Differentialdiagnosen

Wie im vorangegangenen Kapitel bereits erwähnt, nehmen die genaue Schmerzanamnese und die körperliche Untersuchung aufgrund der Vielzahl der

möglichen Differentialdiagnosen einen hohen Stellenwert ein. Häufige Erkrankungen, die ein ähnliches Beschwerdebild wie die LSS verursachen können sind:

- Coxarthrose, Gonarthrose, ISG-Arthrose
- vaskuläre Erkrankungen (pAVK, Bauchaortenaneurysma)
- Myelopathien und Polyneuropathie
- Tumoren der Wirbelsäule oder des Wirbelkanals
- Wirbelsäulenfrakturen (traumatischer oder osteoporotischer Genese)
- Spondylolisthese
- Erkrankungen des rheumatischen Formenkreises (Spondylitis ankylosans)
- psychische Erkrankungen (Depression, somatoforme Schmerzstörung)
- Spondylodiszitis oder andere lokale entzündliche Prozesse

1.3.6 Therapie

1.3.6.1 *Konservative Therapieoptionen*

Allgemein gilt, dass nur eine symptomatische Spinalkanalstenose auch eine Behandlung nach sich ziehen sollte. Eine rein radiologische Auffälligkeit allein bildet noch keine Indikation für ein therapeutisches Vorgehen.⁵ Einige Studien beschäftigen sich mit dem Vergleich der Effektivität von konservativen und operativen Verfahren zur Therapie der LSS. Im Rahmen der SPORT-Studie (Spine Patient Outcomes Research Trial), einer der bekanntesten Arbeiten zur lumbalen Spinalkanalstenose und deren Therapie wurde gezeigt, dass eine chirurgische Versorgung in den ersten 4 Jahren nach dem Eingriff zu einem besseren Outcome führte als eine rein konservative Therapie.²² Auch Chang et al. wiesen ein besseres Outcome der chirurgischen gegenüber der konservativen Therapie nach.²³

Einen wichtigen Teil der nicht-chirurgischen Behandlung vor allem von leichten bis mittelgradigen Schmerzen ohne neurologische Symptomatik stellt die Physiotherapie dar, die in der akuten Phase von Schmerzen auf die Entspannung und später auf die Stärkung der Rückenmuskulatur setzen sollte, um das betroffene Segment zu entlasten und zu stabilisieren.⁵ Dabei kommen neben Entlordosierungs- und Flexionsübungen auch Laufband- und Fahrrad-Ergometer zum Einsatz.²⁴ In Kombination mit einer adäquaten medikamentösen Schmerztherapie aus NSAID (non-steroidal anti-inflammatory drugs), Opioiden, Glucocorticoiden, Muskelrelaxanzien und anderen Medikamenten kann in manchen Fällen auch ohne eine Operation eine ausreichende Besserung der Symptomatik erreicht werden. Ergänzend werden Wärmetherapie, Elektrotherapie und Flexionsorthesen eingesetzt.¹⁰ Im Gegensatz zu

Patienten mit einem Bandscheibenvorfall reagieren Patienten, die an einer LSS leiden, vor allem was das Langzeit-Follow-up betrifft, schlechter auf eine rein konservative Therapie.^{13, 25, 26} Interessanterweise wurde in einer Untersuchung von Aichmair et.al. eine höhere Kosteneffektivität von chirurgischen im Gegensatz zu konservativen Therapieansätzen nachgewiesen, was damit erklärt wurde, dass zu den konservativen Verfahren auch mehrfache und von einigen Patienten frequentiert genutzte Infiltrationen und andere ambulant angewendete Behandlungen in Anspruch genommen werden, außerdem hätten die Operierten weniger Beschwerden und erzeugten deshalb weniger Folgekosten für anhaltende Arztbesuche und Therapien.²⁷ Die prädiktiven Faktoren für eine subjektive Besserung nach konservativer Therapie waren in einer Studie von Matsudaira et al. das Vorhandensein von lediglich radikulären Symptomen, wobei der diesbezügliche Mechanismus noch zu klären ist. Weiterhin war die Entwicklung der Beschwerden besser, wenn keine Spondylolisthese und/oder Skoliose vorlag sowie bei einer Beschwerdedauer von weniger als einem Jahr.²⁸

Lokale Injektionen von Lokalanästhetika und/oder Steroiden in Form von Facettengelenksinfiltrationen oder Epidural- und Periradikulärintjektionen werden in Einzelfällen angewandt, wirken aber meist nur temporär beschwerdelindernd^{29, 30}, und bilden wegen ihres invasiven Charakters ein nicht zu leugnendes Risiko für Komplikationen.³¹

1.3.6.2 Operative Therapieoptionen

Die Indikation zur Operation muss individuell gestellt werden. Bei starken Schmerzen oder motorischen Ausfällen bzw. ausgeprägter Immobilität ist ein chirurgisches Vorgehen indiziert. Im Falle von vegetativen Symptomen wie Blasen- und/oder Mastdarmentleerungsstörungen oder akut aufgetretenen oder ausgedehnten motorischen Ausfällen sollte der Eingriff dringend bzw. notfallmäßig erfolgen.⁵ Weiterhin müssen folgende Voraussetzungen erfüllt werden:

- Bisherige Behandlungsversuche verliefen ohne Erfolg und keine medizinischen Gründe (z.B. Vorerkrankungen) sprechen gegen die Operation.
- Es muss ein Zusammenhang zwischen den klinisch geschilderten Symptomen und der radiologischen Bildgebung herzuleiten sein.

Besteht eine Indikation zur chirurgischen Intervention, muss aus einer Vielzahl an möglichen Techniken, je nach Ausprägung und Ausmaß der Stenose sowie begleitenden Pathologien, die Passende ausgewählt werden.

1.3.6.2.1 Dekompression

Am häufigsten werden reine Dekompressionsoperationen ohne anschließende Fusion (Versteifung) von Wirbelkörpern durchgeführt. Dabei sank allerdings laut Deyo et al. der Anteil der Dekompressionsoperationen an allen bei lumbaler Spinalkanalstenose durchgeführten Eingriffen von ca. 75% im Jahre 2002 auf etwa 65% im Jahre 2007. In gleichem Maße stieg der Anteil an Dekompressionen kombiniert mit Fusionsoperationen.³²

Ziel einer Dekompression ist es, die Enge im Bereich des Spinalkanals zu beseitigen. Dies geschieht entweder durch:

- Laminektomie, bei der der komplette Wirbelbogen des betroffenen Segments, einschließlich Dornfortsatz entfernt wird, wobei es durch die Größe des Situs und den Wegfall der stabilisierenden Strukturen nicht selten zu Komplikationen oder anschließender Instabilität kommt.^{33,34}
- Hemilaminektomie, bei der nur einseitig der Wirbelbogen entfernt wird, wobei je nach Ausmaß auch der Dornfortsatz und Teile des Bandapparates erhalten bleiben können.
- Laminaerhaltende Operationen, bei denen je nach Eingriff nur Teile des Wirbelbogens und der Facettengelenke abgetragen werden und im Rahmen derer es auch möglich ist, durch „Undercutting“ (Unterschneidung) bis weit auf die Gegenseite zu dekomprimieren. Zu den laminaerhaltenden Techniken werden uni- und bilaterale Laminotomie, sowie interlaminäre Fensterung gezählt.

Bei den laminaerhaltenden Operationen können minimalinvasive Techniken angewendet werden, hierbei unterscheidet man den klassischen subperiostalen Zugang mittels medianem Hautschnitt, bei dem die Muskeln vom Periost abpräpariert werden bis ein ausreichender Teil der Lamina zugänglich ist und den transmuskulären Zugang, bei welchem von lateral der Mittellinie mittels tubulärem Retraktor durch die paravertebrale Muskulatur ein Zugangsweg zur Lamina gefunden werden kann.³⁵ Abb. 8 fasst die o.g. Techniken zusammen.

Bei dem Operationsverfahren, das im Rahmen dieser Arbeit untersucht wurde und das später noch genauer erläutert werden soll, handelt es sich um die mikrochirurgische, unilaterale Laminotomie über einen subperiostalen Zugang, welche erstmals von Getty beschrieben wurde.³⁶ Ein zusätzliches „Undercutting“ zur Dekompression der Gegenseite, was auch in einem Teil der hier beschriebenen Fälle zur Anwendung kam und trotz unilateralem Zugang eine bilaterale Resektion von einengenden Strukturen ermöglicht, beschrieb erstmals Poletti.³⁷

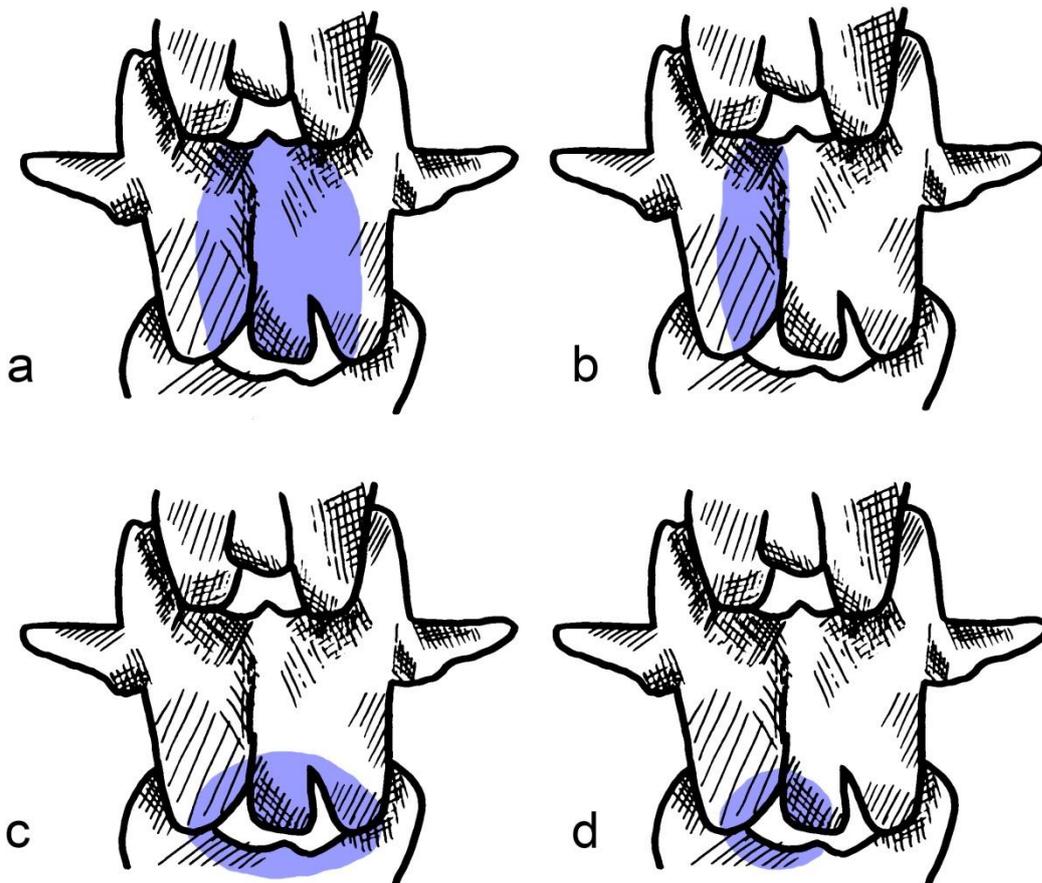


Abb. 8: Laminektomie, Hemilaminektomie, bilaterale und unilaterale Laminotomie zur Dekompression der LSS. Ansicht von dorsal: Bei der Laminektomie (a) wird der gesamte hintere Teil des Wirbelbogens samt Dornfortsatz entfernt, bei der Hemilaminektomie (b) wird der Wirbelbogen einseitig reseziert, meist unter Aussparung des Dornfortsatzes. Die Laminotomie betrifft ein- (d) oder beidseitig (c) die unteren Anteile des kranialen Wirbelbogens und die oberen Teile des kaudal liegenden Wirbelbogens. (Quelle: eigene Darstellung)

1.3.6.2.2 Fusion

Indikationen für fusionierende Eingriffe sind z.B. eine therapieresistente (Pseudo-) Spondylolisthese, insbesondere wenn diese hochgradig bzw. instabil ist, instabile Frakturen und Tumoren. Da die segmentale Instabilität einen wichtigen Einfluss auf die Pathogenese einer lumbalen Spinalkanalstenose hat, nehmen Operationen, bei denen im Anschluss an eine Dekompression eine Versteifung oder Stabilisierung der betroffenen Segmente durchgeführt wird, eine zunehmend wichtigere Rolle ein.³² Einige Autoren schreiben von fusionsbedingt höheren Komplikations- und Reoperationsraten³⁸, während bspw. Ghogawala et al. umgekehrt höhere

Komplikations- und Reoperationsraten bei alleinigen Dekompressionsoperationen beobachteten.³⁹ Viele Studien, die diese beiden Verfahrensweisen direkt miteinander verglichen haben, kamen allerdings zu dem Schluss, dass eine Dekompression mit Fusion kein signifikant besseres klinisches Outcome liefert als alleinige Dekompressionsoperationen.^{38,40, 41} Bei präoperativ bestehender Instabilität im stenotischen Segment wird trotzdem von vielen Autoren zu einer anschließenden Versteifung geraten.^{42,43}

Die angewandten Techniken zur Fusion sind vielfältig. Grundlegend werden Fusions-Operationen mit und ohne unterstützendes Fremdmaterial unterschieden.⁴⁴ Bei ersteren, die man heute jedoch kaum noch durchführt, kommen im Rahmen der posterolateralen Arthrodesen bspw. autologe Spongiosaspäne zum Einsatz, welche in vorbereitete Spanlager im Bereich von Transversal- und Gelenkfortsätzen und Facettengelenken platziert werden und so zu einer Versteifung und damit Stabilisierung des entsprechenden Segmentes führen.⁴⁵

Bei Fusionen, die zusätzlich mit Fremdmaterial durchgeführt werden, kommen verschiedene Schrauben-Stabsysteme, Interponate oder Cages aus Titan oder Kunststoff (insbesondere PEEK - „Polyetheretherketon“) zum Einsatz. Bei all diesen Verfahren wird heutzutage meist eine interkorporelle Fusion (zwischen zwei Wirbelkörpern) mit einer transpedikulären Instrumentation kombiniert (siehe Abb. 9). Der Zugang zum Operationsgebiet kann sowohl von ventral (ALIF - anterior lumbar intervertebral fusion), als auch von dorsal (PLIF - posterior lumbar intervertebral fusion, TLIF - transforaminal lumbar interbody fusion) oder lateral (XLIF – extreme lateral interbody fusion) erfolgen.

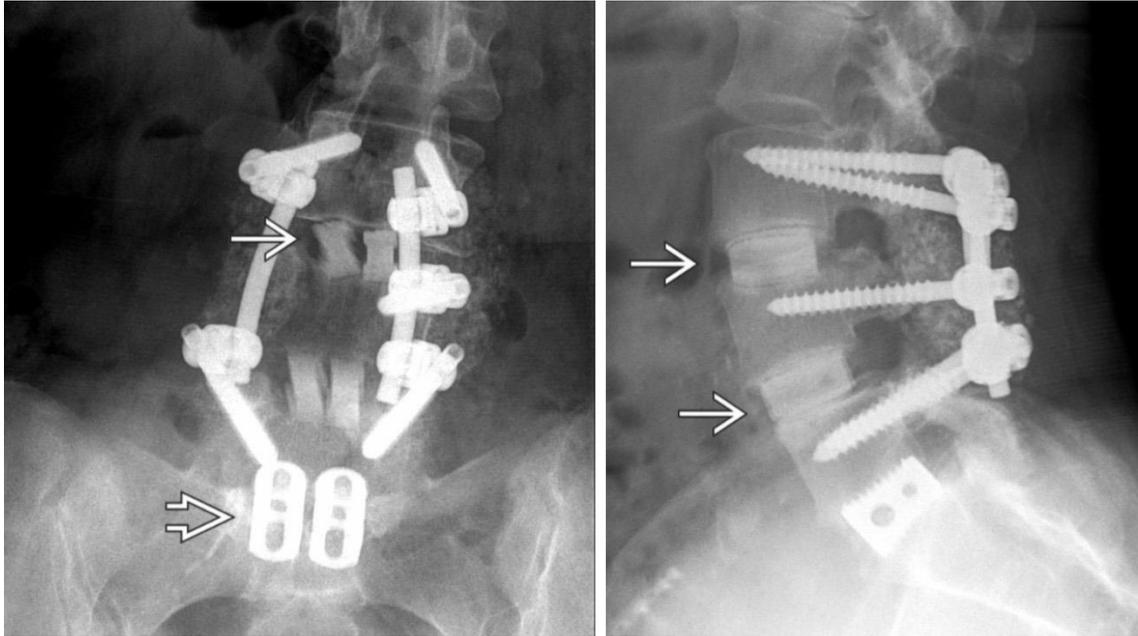


Abb. 9: PLIF (posterior lumbar intervertebral fusion) und interkorporelle Cages. Röntgenaufnahmen in anterior-posteriorem Strahlengang (links) und von lateral (rechts) nach Fusion mittels PLIF und interkorporellen Cages auf Höhe L3-4 und L4-5. Auf den Bildern sind neben den transpedikulären Schrauben auch die zur interkorporellen Versteifung verwendeten Cages erkennbar. Weiterhin ist eine vorausgegangene ALIF (anterior lumbar intervertebral fusion) auf Höhe L5-S1 erkennbar. Bildmaterial von „Posterior Lumbar Interbody Fusion“, Jeffrey S. Ross, MD (11.09.2019, <https://app.statdx.com/document/undefined/c0fa3bdc-c6b7-4f9b-a40e-a85b927a3302>)

1.3.6.2.3 Interspinöse Implantation

Bei alten oder multimorbiden Patienten, bei denen eine Dekompression oder Fusion nicht durchführbar ist, kann durch Einsetzen eines interspinösen Implantates (Interspinöse Distraction durch einen „Spacer“) trotzdem eine Besserung der Symptomatik erreicht werden, indem einer zu starken Lordosierungsbewegung entgegen gewirkt wird. In der Literatur wird diesem Verfahren zum Teil allerdings eine unzureichende Effektivität bescheinigt. [35] Besonders umstritten ist der Langzeit-Nutzen der Spacer-Implantation. In einer von Beyer et al. durchgeführten Untersuchung zum Vergleich zwischen offener Dekompression und Spacer-Implantation wurde letzterem Verfahren eine höhere Misserfolgsquote und ein Wiederkehren der präoperativen Symptome nach 24 Monaten bescheinigt. ⁴⁶ Lønne et al. zeigten weiterhin eine Reoperationsrate von bis zu 33% nach Spacerimplantation. ⁴⁸

1.4 Die unilaterale Laminotomie mit Undercutting

1.4.1 Ablauf der Operation

In der Klinik für Neurochirurgie am Universitätsklinikum Gießen werden jährlich etwa 600 Wirbelsäulenoperationen durchgeführt. Bei mikrochirurgischen Eingriffen wie der unilateralen Laminotomie kommen in einem standardisierten Verfahren, Operationsmikroskope auf dem aktuellen Stand der Technik (Zeiss OPMI Pentero®, Carl Zeiss Meditec AG, Oberkochen, Germany) und entsprechende Mikroinstrumente zum Einsatz.

Der Patient wird in Bauchlage auf einem Wilson-Frame (ein Aufsatz für den OP-Tisch, mit Hilfe dessen eine Lagerung des Patienten in gebeugter Haltung im Bereich der Wirbelsäule gewährleistet wird) positioniert und das betroffene Segment fluoroskopisch markiert, Dann wird in der Mittellinie ein etwa 3 cm langer Hautschnitt (bei mehreren zu operierenden Etagen, länger) durchgeführt (siehe Abb. 10 links). Auf der klinisch dominanten Seite wird die Faszie der paravertebralen Muskulatur inzidiert und die Muskulatur dann subperiostal vom Knochen abgeschoben. Das Caspar-Spekulum (Ein Muskel- und Wundspreizer für die lumbale Wirbelsäule, siehe Abb. 10 rechts) wird dabei mit Hilfe des Langenbeck-Hakens eingesetzt und nach fluoroskopischer Kontrolle das Operationsmikroskop in Position gebracht. ⁴

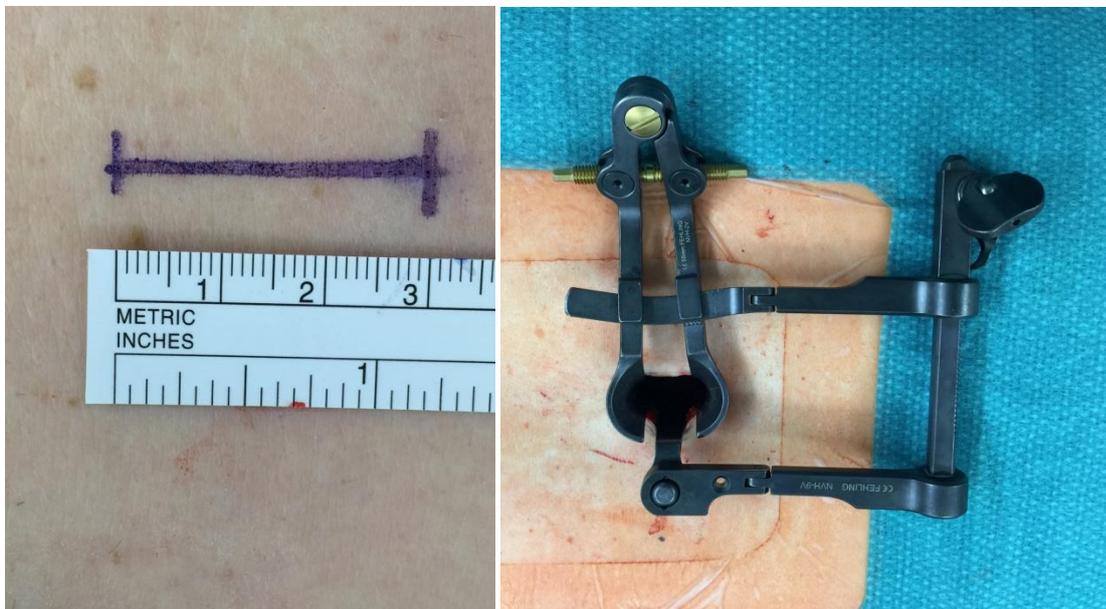


Abb. 10: Vorgehen bei Laminotomie. Links abgebildet ist die Markierung für den Hautschnitt in der Medianlinie und rechts das positionierte Caspar Spekulum. [4] (Verwendung des Bildmaterials mit Zustimmung von Springer Nature)

Unter optischer Vergrößerung können Teile der Lamina und des ipsilateralen medialen Facettengelenks mit verschiedenen Fräsen und Stanzen entfernt werden bis das Lig. flavum an seinem oberen Ansatz exzidierbar ist. Von kranial nach kaudal wird der zentrale und ipsilaterale Durasack ebenso wie die austretende Nervenwurzel weiter dekomprimiert, bis es der Operateur als ausreichend erachtet. (s. Abb. 11)

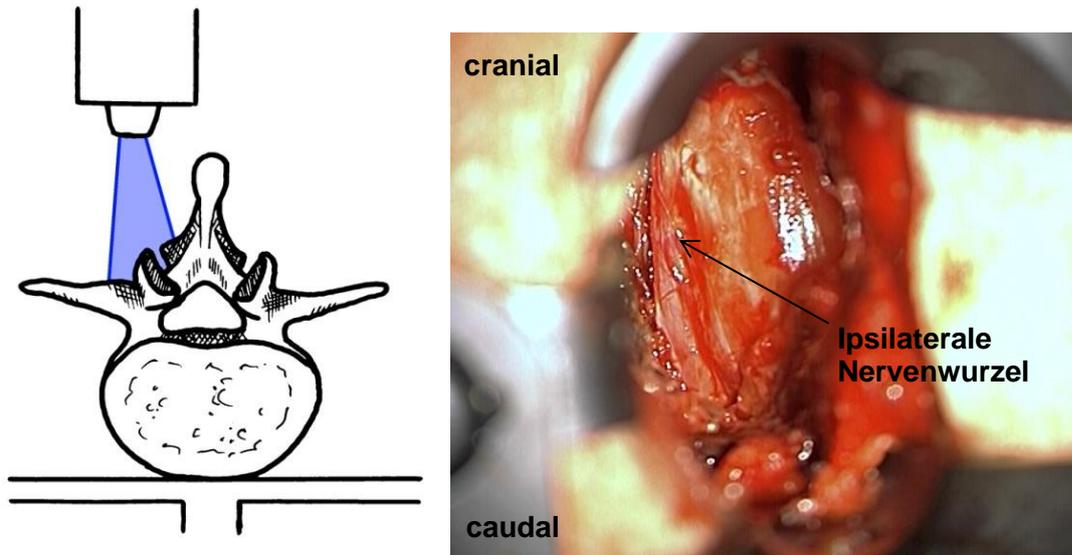


Abb. 11: Position des Operationsmikroskops und Situs bei unilateraler Laminotomie. Die linke Abbildung zeigt die senkrechte Ausrichtung des Operationsmikroskopes zum Tisch. Rechts daneben ist der bereits dekomprimierte zentrale und ipsilaterale Durasack durch das Operationsmikroskop zu erkennen. Quelle: [4] (Verwendung des Bildmaterials mit Zustimmung von Springer Nature)

In Abhängigkeit von der Pathologie kann der Eingriff anschließend beendet, oder bis zur Gegenseite erweitert werden. ⁴ Dazu wird der Operationstisch vom Operateur weg gekippt. Nach erneuter Justierung des Operationsmikroskops wird das Lig. flavum der Gegenseite reseziert. Um eine weitere Dekompression des Durasackes von dorsal zu erreichen, kann mithilfe einer Fräse nun auch die kontralaterale Lamina von ventral her abgeflacht werden. Auch die medialen Gelenkanteile können mit Knochenstanzen soweit abgetragen werden, bis die Nervenwurzeln der Gegenseite frei beweglich sind (siehe Abb. 12).

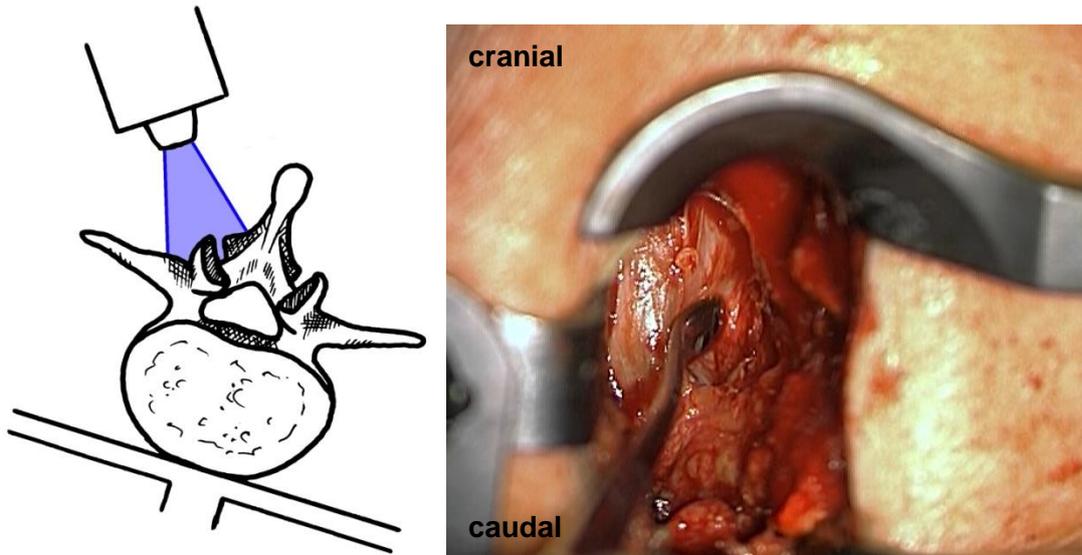


Abb. 12: Position des Operationsmikroskops u. Situs bei Undercutting zur Gegenseite. Schräge Ausrichtung des Operationsmikroskops zum Tisch (links), rechts daneben ist der bereits dekomprimierte zentrale und kontralaterale Duraschlauch zu erkennen. Die Spitze des Dissektors befindet sich im kontralateralen Rezessus. [4] (Verwendung des Bildmaterials mit Zustimmung von Springer Nature)

Zum Abschluss erfolgt die sorgfältige Blutstillung und bei Bedarf wird eine Drainage ins Operationsgebiet gelegt, um eventuelle Nachblutungen ableiten zu können. Im Falle einer Duraläsion verzichten viele Chirurgen auf das Einlegen einer Drainage, um dadurch nicht unbemerkt größere Liquormengen abzusaugen. Anschließend erfolgt der schrittweise Wundverschluss mit Rekonstruktion der Faszie, Subkutannaht und Hautverschluss.

1.4.2 Nachbehandlung

In der Regel erlaubt der umschriebene Eingriff einer unilateralen Laminotomie durch seine relativ kleine Wundfläche eine sofortige Mobilisation noch am OP-Tag oder am ersten postoperativen Tag. In jedem Falle sollte eine postoperative Physiotherapie anfänglich mit Haltungsübungen und später mit Stärkung der Bauch- und Rückenmuskulatur erfolgen. Starke Belastungen sollten in der Anfangszeit so gut wie möglich vermieden werden. Sollte dies nicht möglich sein, kann vor allem bei ausgedehnter Gelenkresektion eine Flexionsorthese hilfreich sein, um die Wirbelgelenke zu entlasten. ¹⁰

1.4.3 Mögliche Komplikationen

Neben Komplikationen und Operationsnachwirkungen, die nicht direkt in Zusammenhang mit der verwendeten Technik stehen, wie z.B. Harnwegs-, oder respiratorische Infektionen,⁴⁹ gibt es eine Vielzahl von typischen Folgeschäden- oder Erkrankungen, die nach Eingriffen im Bereich der Lendenwirbelsäule, also auch bei der unilateralen Laminotomie, auftreten können. Als eine der häufigsten Komplikationen mit einer Häufigkeit je nach Studie von 3,7% bis 12,7%^{50, 51, 52} gehört dazu eine Verletzung der Dura mit Austritt von Liquor. Auch zu epiduralen Blutungen kann es nach operativen Eingriffen kommen, welche zum Teil eine Revisionsoperation mit Hämatomausräumung notwendig machen. Weiterhin können die Nervenwurzeltasche oder die Nervenwurzel selbst im Rahmen der Operation beschädigt werden, was zu Schmerzen in bisher nicht betroffenen Gebieten oder einem neuen neurologischen Defizit führen kann. Auch eine nicht ausreichende Dekompression mit Verbleib einer Reststenose oder Bildung einer Rezidivstenose sowie eine Narbenbildung mit peri- oder intraduraler Fibrose sind möglich. Eine weitere wichtige Komplikation stellt die Entwicklung einer Instabilität im operierten Segment dar. Nicht zuletzt spielen Wundheilungsstörungen, Wundinfektionen und lokale Osteomyelitiden sowie die Spondylodiszitis eine wichtige Rolle in dieser Aufzählung.

1.4.4 Vor- und Nachteile

Durch die im Vergleich zu nicht-mikrochirurgischen Verfahren deutlich geringere Größe des Zugangs zum Operationsgebiet kann sowohl der Gesamtblutverlust während der OP, als auch das Risiko für anschließende Wundinfektionen minimiert werden.^{53, 54} Außerdem ist bei flächenmäßig kleinerem Situs auch eine Verminderung des Radius der lokalen postoperativen Wundschmerzen zu erwarten, während die geringe Ausdehnung der resultierenden Narbe ein nicht zu vernachlässigend, kosmetisch besseres Ergebnis erbringt. Aufgrund geringerer Schäden an knöchernen Strukturen als diese bspw. bei der Laminektomie auftreten, kommt es möglicherweise seltener zu postoperativer Instabilität und daraufhin notwendig werdenden Fusionsoperationen.^{55,56} Wegen des unilateralen Zugangs zum Operationsgebiet, wird zudem die paravertebrale Muskulatur zumindest einseitig geschont, deren Schädigung von einigen Autoren für das Entstehen eines Failed-Back-Surgery-Syndroms verantwortlich gemacht wird.^{57, 58} Alle oben genannten Vorteile führen automatisch zu einer früher möglichen Mobilisierung mit anschließender, zeitnahe Entlassung aus dem

stationären Aufenthalt, aufgrund derer eine schnelle Wiedereingliederung in den Alltag der Patienten erfolgen kann.

Im Rahmen einer Untersuchung von Postacchini et al. waren neurale Komplikationen, also postoperative Defizite im Bereich einer Nervenwurzel etwas höher bei Laminotomie (11,5%) als bei kompletter Laminektomie (3,1%). Bei ausgedehnter LSS wurde in dieser Studie durch einen unilateralen Zugang in einigen Fällen eine nicht ausreichende Dekompression erreicht, was Revisionsoperationen notwendig machte.⁵⁹ Aufgrund der technisch aufwändigeren Prozedur der Laminotomie spielt hierbei die Erfahrung des Operateurs eine große Rolle.

1.5 Ziel der Studie

Die in der neurochirurgischen Klinik des UKGM Standort Gießen am häufigsten angewandte chirurgische Behandlungsmethode bei lumbaler Spinalkanalstenose ist die mikrochirurgische unilaterale Laminotomie mit oder ohne Undercutting zur Gegenseite. Hauptziel der hier vorliegenden Arbeit war die Untersuchung des Langzeitergebnisses nach einer solchen Dekompressionsoperation, da sich bisherige Arbeiten auf kürzere Nachbeobachtungszeiten von wenigen Jahren nach dem Eingriff konzentrierten. Der dauerhafte Nutzen einer chirurgischen Intervention wurde somit bisher nur unzureichend untersucht. Außerdem gibt es nur wenige Daten zu prognostischen Faktoren im Hinblick auf ein gutes klinisches Ergebnis bzw. notwendige Reoperationen, insbesondere in Bezug auf die o.g. Technik. Besonderer Fokus liegt dabei auch auf der Entwicklung einer postoperativen Instabilität und der Notwendigkeit und Ursache von Folgeoperationen. Der primäre Zielparameter stellt hierbei die Entwicklung der für die LSS pathognomonischen Claudicatio-symptomatik dar, welche zu verschiedenen Zeitpunkten nach Operation dokumentiert und auf einen möglichen Einfluss durch unabhängige prognostische Faktoren untersucht wurde. Darüber hinaus sollten in einer uni- und multivariaten Analyse Faktoren untersucht werden, die einen eventuellen Einfluss auf das Langzeitergebnis nach der Dekompressionsoperation haben könnten.

2 Methoden

2.1 Patientenkollektiv

Im Rahmen der Studie wurden alle Patienten des Klinikums mit einer lumbalen Spinalkanalstenose, bei denen eine unilaterale Laminotomie im Zeitraum vom 01.01.2005 bis zum 31.12.2010 durchgeführt wurde, retrospektiv untersucht. Die in dieses Kollektiv einbezogenen Patienten erhielten auf dem Postweg einen Fragebogen, mit Hilfe dessen sie ihre aktuelle Lebensqualität, sowie eventuell noch vorhandene Schmerzen, Ausfallerscheinungen und ihre Möglichkeiten den Alltag zu bestreiten, evaluieren konnten. Patienten, von denen keine Antwort auf diesen Fragebogen bis zum Stichtag einging, wurden im Falle Ihres Einverständnisses telefonisch zu den oben genannten Punkten eingehend befragt. Der geplante Ablauf der Studie wurde durch die Ethik-Kommission der Justus-Liebig-Universität Gießen befürwortet (AZ 127/13).

Einschlusskriterien:

- Patienten mit der Diagnose „lumbale Spinalkanalstenose“ in einem oder mehreren Segmenten
- Durchgeführte Dekompressionsoperation an der Lendenwirbelsäule, welche laut Operationsbericht einer unilateralen Laminotomie entsprach
- Vorliegende schriftliche oder, im Fall eines Telefoninterviews, mündliche Einverständnis- und Datenschutzerklärung der Patientin/ des Patienten

Ausschlusskriterien:

- Alle Patienten mit einer anderen als degenerativen Ätiologie für die spinale Stenosierung (z.B. Tumoren, Frakturen, angeborene Spinalkanalstenosen)
- Alle Patienten, auf welche die oben genannten Einschlusskriterien nicht zutrafen
- Patienten, welche eine präoperative Spondylolisthese mit mehr als 25% ventralem Versatz von zwei aufeinanderfolgenden Wirbelkörpern im betreffenden Segment (Meyerding > °I) sowie eine präoperative Instabilität in LWS-Funktionsaufnahmen aufwiesen.
- Alle Patienten ohne existierendes Long-term-Follow-up (vorhandene Daten bezüglich der Claudicatio-Symptomatik mehr als 12 Monate nach Operation)

Aus dem ursprünglichen Gesamtkollektiv N_G mit 360 Patienten wurde nach Ausschluss o.g. Patienten das finale Kollektiv, im Folgenden N_F genannt, mit 176 Patienten gebildet (siehe Abbildung 13).

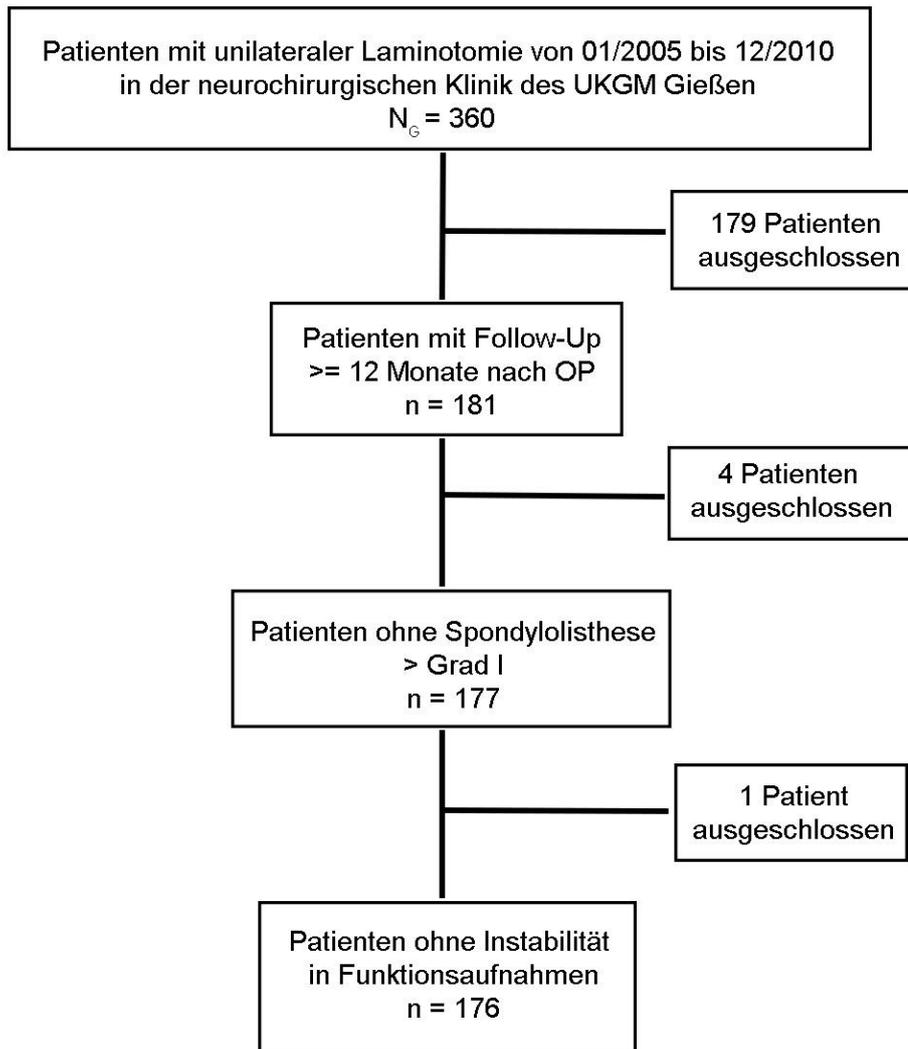


Abb. 13: Übersicht über die Ein- und Ausschlusskriterien

2.2 Studienablauf

Die Datenerhebung fand in zwei Schritten statt. Zuerst wurden aus Arztbriefen, Befunden und Operationsberichten sowie Anästhesieprotokollen, die vor oder nach dem im o.g. Zeitabschnitt erfolgten Eingriff verfasst worden waren, prä-, peri- und postoperative Daten entnommen und mit Hilfe von Microsoft Excel 2010 in Tabellenform aufbereitet. Auf die einzelnen Parameter wird im Folgenden noch genauer eingegangen. Im zweiten Schritt wurde an alle Patienten des Kollektivs ein Fragebogen zur Erfassung der aktuellen Beschwerden und des derzeitigen Gesundheitszustandes geschickt. Die nach Rücksendung aus dieser Evaluation oder durch das Telefoninterview gewonnenen Daten wurden anschließend ebenfalls in die

Excel-Tabelle integriert und in die Beantwortung verschiedener Fragestellungen einbezogen.

2.3 Datenerfassung

2.3.1 Präoperative Daten

Präoperative Daten wurden sowohl in Form von klinischen, anamnestischen, als auch radiologischen Parametern erhoben. Zu ersteren zählen Vorerkrankungen und Risikofaktoren, die entweder wichtige Differenzialdiagnosen darstellen oder zu denen die LSS möglicherweise in kausalem Zusammenhang stehen bzw. eine Relevanz für den perioperativen Verlauf und das Outcome haben könnte. Beispielhaft wären hierfür Erkrankungen wie arterielle Hypertonie, Diabetes mellitus, periphere arterielle Verschlusskrankheit, Erkrankungen des rheumatischen Formenkreises, Osteoporose, Z.n. Hüft- oder Knieendoprothesen und Depressionen zu nennen. Hierbei wurde jeweils unterschieden zwischen eindeutig in verfügbaren Arztbriefen des Patienten dokumentierten Erkrankungen auf der einen Seite und nicht dokumentierten oder nicht diagnostizierten Erkrankungen auf der anderen. Mit Hilfe der im Rahmen der präoperativen Diagnostik durchgeführten Bestimmung des Gewichts und der Körpergröße wurde der Body-Mass-Index (BMI) der Patienten berechnet. Der BMI ist der Quotient aus Körpergewicht und dem Quadrat der Körpergröße in Metern. Werte von 19 bis 25 kg/cm² entsprechen dem Normbereich des BMI. Ab einem Wert von 30 spricht man von Adipositas, dazwischen liegt der präadipöse Bereich. Als weiterer Risikofaktor wurde ein anamnestisch angegebener Nikotinkonsum gewertet.

Voroperationen im Bereich der Lendenwirbelsäule wurden jeweils als im gleichen Segment, wie im aktuell operierten, in einer anderen, oder unbekanntem Höhe, klassifiziert. Der Parameter „weitere Vorbehandlungen“ beinhaltet alle konservativen oder minimalinvasiven Therapien wie Physiotherapie, ISG- (Iliosakralgelenk-) oder Facettengelenksinfiltrationen, die vor der eigentlichen Operation angewendet worden waren. Die angegebenen Schmerzen wurden dahingehend geordnet, ob sie prädominierend oder ausschließlich rücken- oder beinbetont waren und ob die Beschwerden in den Beinen einseitig-, beidseitig seitengleich oder beidseitig mit einer auf einer Seite stärkeren Ausprägung waren. Weiterhin wurde die Dauer der aktuellen Beschwerden bis zur OP dokumentiert sowie die Länge der bei vorliegender Claudicatio-symptomatik schmerzfrei zurücklegbaren Gehstrecke. Neurologische Defizite in Form von Paresen oder Sensibilitätsstörungen wurden ebenso wie vegetative Störungen in Form von Mastdarm- oder Blasenentleerungsstörungen

dargestellt. Die Schmerzmedikation zum Zeitpunkt des Eingriffes wurde in verschiedene Medikamentenklassen (NSAID, Metamizol, niedrig potente Opiode (Codein, Tramadol, Tilidin u.a.), hoch potente Opiode (Morphin, Oxycodon, Hydromorphon, Fentanyl u.a.), Pregabalin, trizyklische Antidepressiva und Gabapentin) eingeteilt.

An radiologischen Parametern wurden die jeweiligen Segmenthöhen und die Anzahl der Segmente dokumentiert, welche von einer relevanten Stenose betroffen waren. Es erfolgte eine Unterscheidung zwischen ligamentären- oder Gelenkhypertrophien. Ob ein relevanter Bandscheibenvorfall aufgrund der Bildgebung zu erwarten war und ob eine Spondylolisthese oder Instabilität vorlag, wurde ebenfalls erfasst.

2.3.2 Intra-/perioperative Daten

Perioperative Daten wurden überwiegend aus den Operationsberichten entnommen und beinhalteten das OP-Datum, welches mit Hilfe von Excel zur Berechnung der Zeiten bis zu den verschiedenen Follow-up-Untersuchungen, sowie des Alters zum Zeitpunkt des Eingriffes, verwendet werden konnte. Die Dekompressionstechnik unterscheidet zwischen unilateraler Laminotomie mit und ohne Undercutting zur Gegenseite. Die Anzahl der operierten Segmente, die nicht immer mit der Anzahl der radiologisch betroffenen Höhen übereinstimmt, wurde ebenso erhoben wie eventuell durchgeführte Nukleotomien (Entfernung von Teilen der intakten, aber prolapierten Bandscheibe) oder Sequesterektomien (Entfernung des losgelösten Bandscheibenstückes). Unter Komplikationen wurden alle peri- oder bis 4 Wochen postoperativ aufgetretenen Probleme zusammengefasst, die in unmittelbarem Zusammenhang zum Eingriff standen, also Nachblutungen, Infektionen, neu aufgetretene Instabilitäten oder Nervenwurzelläsionen im operierten Segment, Residualstenosen und andere Komplikationen, welche sich nicht in einer dieser Kategorien einordnen ließen. Verletzungen der Dura mit oder ohne anschließendem Austritt von Liquor wurden nicht als Komplikationen gezählt, da im Rahmen mehrerer Studien kein Einfluss auf das Outcome identifiziert werden konnte.^{60,61}

2.3.3 Postoperative Daten

Für postoperative Rücken- und Beinschmerzen sowie für neurologische und Claudicatosymptomatik wurde ein ordinalskaliertes Score entworfen, basierend auf den

Angaben in den Arztbriefen, welcher von 1 (keine Beschwerden) über 2 (deutlich gebessert), 3 (etwas gebessert), 4 (identisch zum Status vor der OP) bis 5 (verschlechtert) reicht. Weiterhin gehören zu den postoperativen Parametern, ob und wann eine Re-Operation stattgefunden hat. Erneute Operationen, die weniger als 4 Wochen nach dem Ersteingriff stattfanden und demnach als Folge von Komplikationen durchgeführt worden sein mussten, wurden als Revisions-OPs klassifiziert, während Eingriffe, die diese postoperative Zeitspanne überschritten als Re-OPs bezeichnet wurden. Der Grund und das angewandte Verfahren (Entleerung eines Hämatoms, Revision bei Wundinfektion, Re-Dekompression, Fusion (z.B. bei Instabilität), Dekompression in einer nicht-voroperierten Höhe, etc.) wurde ebenfalls erfasst.

2.3.4 Follow-Up Untersuchungen

Der postoperative Befund bei der ersten Folgeuntersuchung nach 4-6 Wochen beinhaltet ebenfalls o.g. 5-Punkte-Score für Rücken- und Beinschmerzen, sowie für Claudicatio- und neurologische Symptomatik. Außerdem wurden Datum und Zeitintervall zur Operation dokumentiert. Da manche Patienten ihre erste ambulante Kontrolle nach der Dekompressions-OP erst z.T. Jahre nach dem Eingriff hatten, wurden nach Kurzzeitergebnis (≤ 12 Monate nach der Operation) und Langzeitergebnis (> 12 Monate nach der Operation) unterschieden. Ob eine Bildgebung zu diesem Zeitpunkt veranlasst wurde und wenn ja, welchen Befund diese erbrachte, ist ebenfalls dokumentiert worden.

2.3.5 Fragebogen und Telefoninterview

Der Fragebogen bestand aus der deutschen Version des Oswestry Disability Questionnaires (ODQ-D), einem verbreiteten und validen Instrument zur Quantifizierung von Rückenschmerz-assoziierten Beschwerden, auf den im Folgenden noch genauer eingegangen werden soll.⁶² Außerdem beinhaltete das Evaluationsschreiben eine Visuelle Analogskala (VAS) jeweils zu den Qualitäten: „Schmerzen in den Beinen“, „Schmerzen im Rücken“, „Verteilung der Schmerzen in den beiden Regionen“, sowie „aktueller Gesundheitszustand“. Angelehnt an das EuroQol EQ5D-Bewertungssystem für die gesundheitsbezogene Lebensqualität, wurden außerdem die Parameter Beweglichkeit/ Mobilität, die Fähigkeit für sich selbst zu sorgen, alltägliche Tätigkeiten, Schmerzen/ körperliche Beschwerden, sowie Angst/ Niedergeschlagenheit erhoben.

Komplettiert wurden die Daten des Fragebogens durch das aktuelle Körpergewicht, die Körpergröße und die Schmerzmedikation zu jenem Zeitpunkt.

2.3.6 Last Follow-Up

In Bezug auf die Claudicatosymptomatik wurde ein Last Follow-Up gebildet, bestehend aus den Daten der postoperativen Arztbriefe sowie des Fragebogens. Bedingung für die Einbeziehung der Daten war wie auch beim Langzeitergebnis eine Mindestzeitspanne zwischen OP und Untersuchung von >12 Monaten. Für die Einschätzung der Claudicatosymptomatik aus den Daten des Fragebogens wurde eine Frage des ODQ verwendet, welche sich auf Schmerzen beim Gehen bezieht. Um eine Vergleichbarkeit mit der präoperativ erhobenen schmerzfreien Restgehstrecke zu erreichen, wurde den einzelnen Antworten jeweils eine Zahl zugewiesen. Für die Punkte 0 (keine Claudicatio), 1 (maximal 1-2km), 2 (maximal 500m) und 3 (maximal 100m) wurden die entsprechenden Zahlen aus dem originalen Fragentext übernommen, bzw. statt 1-2km, 1500m gewählt. Der Antwort 4 (Laufen nur mit Stock oder Krücke möglich) sowie Patient verbringt die meiste Zeit im Bett und muss sich zur Toilette schleppen entsprechen 0 Meter schmerzfreier Gehstrecke.

Die entsprechende Differenz zum präoperativen Wert wurde folgendermaßen in den oben beschriebenen Score für die Claudicatosymptomatik eingeordnet: 1 (keine Beschwerden = mehr als 1500m schmerzfreie Gehstrecke mehr im Vergleich zu präoperativ), 2 (deutlich gebesserte Beschwerden = zwischen 500m und 1500m schmerzfreie Gehstrecke mehr im Vergleich zu präoperativ), 3 (etwas gebesserte Beschwerden = zwischen 100 und 500m schmerzfreie Gehstrecke mehr im Vergleich zu präoperativ), 4 (identische Beschwerden = zwischen 100m mehr und 100m weniger schmerzfreie Gehstrecke im Vergleich zu präoperativ), 5 (Beschwerden haben sich verschlechtert im Vergleich zu präoperativ = mehr als 100m schmerzfreie Gehstrecke weniger als vor der OP)

2.3.7 ODQ-D

Die Originalform des Oswestry Disability Questionnaires (ODQ) ist ein international gültiger, validierter Fragebogen mit dem Schwerpunkt Rückenschmerzen,⁶³ der insbesondere in Untersuchungen zur lumbalen Spinalkanalstenose häufig Anwendung findet.^{57,64} Für viele Sprachen existiert eine ebenfalls validierte Form, so auch auf Deutsch.^{62,65} Der ODI-D (Oswestry Disability Index, Deutsche Version) besteht aus 10

Fragen zu Situationen und Tätigkeiten des Alltags, wie bspw. Schmerzintensität beim Laufen oder Sitzen, Schlafqualität oder Sozialleben mit je 6 Antwort-Möglichkeiten. Auf die Antworten werden je nach Schweregrad der Ausprägung Punkte von 0 bis 5 gegeben, wobei 0 Punkte bedeuten, dass keine Einschränkungen bestehen und 5 Punkte für die maximal denkbare Behinderung sprechen. Bei mehreren angekreuzten Antworten wird immer die höchste Zahl gewertet. Die Patienten sollen jeweils die auf die aktuelle Situation am besten zutreffende Antwort ankreuzen. Bei der Auswertung werden die vergebenen Punkte addiert, durch 50 geteilt und anschließend mit 100 multipliziert. Für jede Frage, die nicht vom Patienten beantwortet wurde, werden von den o.g. 50 Punkten 5 Punkte abgezogen. So ergibt sich für jeden Patienten ein Prozentwert (ODI = Oswestry Disability Index), der wie folgt zu interpretieren ist: ⁶⁶ (s. Anhang Fragebogen)

- 0 – 20% (*minimale Behinderung durch Schmerzen*) Patienten können die meisten Alltagsaktivitäten ohne Probleme durchführen. Eine Behandlung ist für gewöhnlich nicht indiziert. Die Betroffenen sollten allerdings über rückschonendes Verhalten, insbesondere beim Heben schwerer Gegenstände aufgeklärt, sowie zu körperlicher Fitness und, wenn nötig, einer Reduktion des Körpergewichts, angehalten werden.
- 20 – 40% (*moderate Behinderung durch Schmerzen*) Die Schmerzen dieser Patienten sind stärker und die Beeinträchtigung besteht meist im Sitzen, im Stehen oder beim Heben. Das soziale Leben und die Arbeitsfähigkeit sind oftmals eingeschränkt. Im Sexualleben, sowie bei Körperpflege und im Schlaf sind sie meist nicht beeinträchtigt. In vielen Fällen ist eine konservative Behandlung der Beschwerden ausreichend.
- 40 – 60% (*starke Behinderung durch Schmerzen*) Starke Schmerzen sorgen für Beeinträchtigungen in Mobilität, Körperpflege, sowie Sozial- und Sexualleben. Es sollte untersucht werden, ob eine operative Therapie zu einer Besserung führen könnte.
- 60 – 80% (*lähmende Behinderung durch Schmerzen*) Schmerzbedingte Einschränkungen in allen Lebensbereichen, sowohl zuhause als auch auf Arbeit, machen eine operative Therapie bei diesen Patienten oft unumgänglich. Zudem ist eine ausreichende analgetische Therapie zu empfehlen.
- 80 – 100% (*extremste Form der Behinderung durch Schmerzen*) Durch stärkste, lähmende Schmerzen sind diese Gruppe von Patienten oft ans Bett gefesselt. Allerdings sollte durch eine ausführliche Anamnese und körperliche Untersuchung ausgeschlossen werden, dass die Befragten bei der Angabe Ihrer Beschwerden übertreiben.

2.3.8 VAS – Visuelle Analogskala

Bei der visuellen Analogskala wird von den Patienten auf einer Linie, die von 1 bis 10 nummeriert ist, der Bereich angekreuzt, auf den ihr persönliches Schmerzempfinden zu diesem Zeitpunkt am ehesten zutrifft. Bei der sich im Fragebogen auf Rücken- bzw. Beinschmerzen beziehenden Skala steht dabei 1 für keine Schmerzen und 10 für die am schlimmsten vorstellbaren Beschwerden im jeweiligen Bereich. Bei der VAS zum Punkt „Lokalisation der Schmerzen“ steht 1 für Schmerzen in den Beinen und 10 für Schmerzen im Rücken. Die Patienten sollten sich bei dieser Fragestellung für eine Gewichtung der Schmerzlokalisierung zwischen diesen beiden Regionen entscheiden. Die vierte und letzte visuelle Analogskala bezieht sich auf den aktuell gefühlten Gesundheitszustand der Patienten, 1 steht für den schlechtesten möglichen Gesundheitszustand und 10 für den besten vorstellbaren.

2.4 Statistische Auswertung

Zunächst wurde, im Sinne einer besseren Auswertungsmöglichkeit, eine Dichotomisierung des oben genannten ordinal-skalierten Outcome-Scores durchgeführt. Keine Beschwerden und deutliche Beschwerdelinderung wurden daraufhin als „gutes Outcome“ im jeweiligen Bereich bezeichnet, während Schmerzen, die als „etwas gebessert“ klassifiziert waren, sowie identische und verschlimmerte Symptome zum Zeitpunkt der Untersuchung im Vergleich zur Situation vor dem Eingriff als „schlechtes Outcome“ zusammengefasst wurden.

Nach Komplettierung der Excel-Tabelle mit den gesamten Patientendaten, wurde die deskriptive Statistik mittels IBM® SPSS® Statistics 21 durchgeführt. Die weiterführende statistische Auswertung erfolgte nach eingehender Beratung und in Zusammenarbeit mit der Arbeitsgruppe für medizinische Statistik am Institut für Informatik der Justus-Liebig- Universität Gießen. Als Programm wurde SAS 9.3 (SAS Institute Inc., Cary, North Carolina, USA) benutzt. Plots wurden mit Sigma Plot Version 12.5 (Systat Software Inc., Erkrath, Germany) generiert. Nach einer erneuten deskriptiven Auswertung wurde zunächst nach univariaten Zusammenhängen zwischen möglichen Einflussgrößen und den beiden als Zielgrößen definierten Parametern (Revisionsoperationen und schlechtes Outcome der Claudicatio-Symptomatik zum Zeitpunkt des Last-Follow-Up) gesucht. Dabei wendete man beim Vergleich von diskreten und kategorialen Variablen den Fishers-exact-Test an, während der Mann-Whitney-U-Test bei stetigen Variablen eingesetzt wurde. Im Folgenden fand eine Überprüfung des univariaten Zusammenhangs der möglichen Einflussgrößen untereinander statt. Anschließend wurde für oben beschriebene Zusammenhänge

zwischen identifizierten Einflussfaktoren und den jeweiligen Zielgrößen, bei denen ein Zusammenhang von $p \leq 0,10$ feststellbar war, eine multivariate Analyse mittels multipler logistischer Regression durchgeführt. Mit Hilfe der ROC-Analyse wurde versucht, etwaige Altersgrenzwerte zu identifizieren. ⁴

3 Ergebnisse

3.1 Patientenkollektiv

Von den ursprünglich im Untersuchungszeitraum wegen einer Spinalkanalstenose behandelten Patienten konnten unter Berücksichtigung der Ein- und Ausschlusskriterien (siehe Abb. 13) 176 Patienten in die endgültige Analyse eingeschlossen werden.

3.2 Altersverteilung

Insgesamt wurden 176 Patienten in die finale Studienpopulation einbezogen. Das mediane Alter betrug 70 Jahre mit einer Spanne von 35 bis 85 Jahren. Die Gruppe der 71- bis 80-jährigen macht mit 43,8% (n= 77) den größten Anteil aus, gefolgt von 32,9% (n=58) aus der Gruppe von 61 bis 70 Jahren. Die 51- bis 60-jährigen machen 13,1% (n=23) aus, die 41- bis 50-jährigen 3,4% (n=6) und die jüngste Altersgruppe, die bis einschließlich 40-jährigen 0,6% (n=1). 6,2% aller Patienten (n=11) sind ≥ 81 Jahre (siehe Abb. 14).

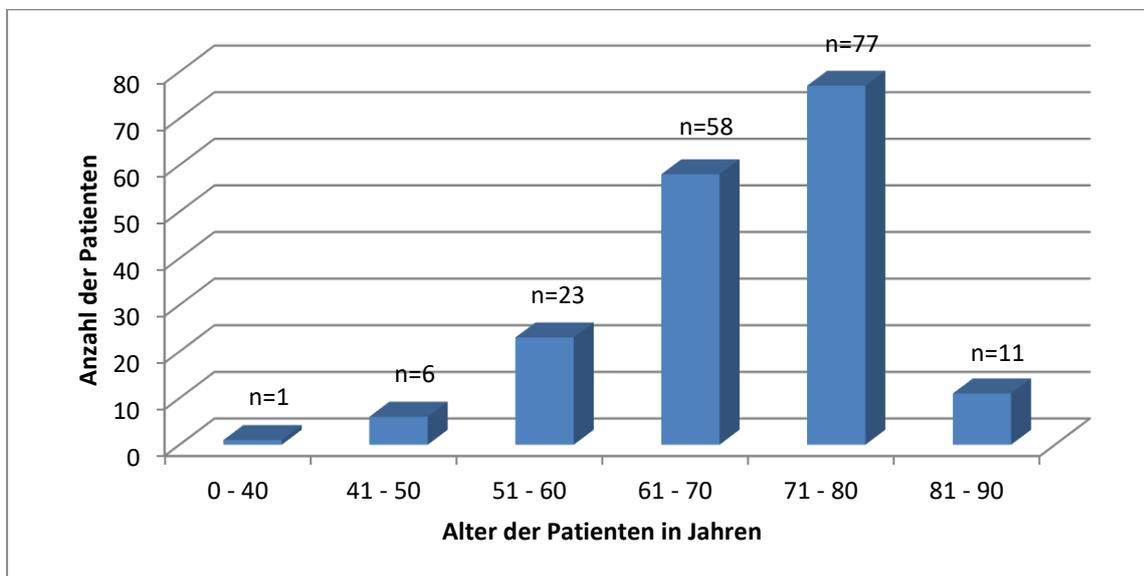


Abb. 14: Altersverteilung der Patienten zum Zeitpunkt der Operation (n=176).

3.3 Geschlechterverteilung

Die Geschlechter verteilten sich wie folgt: 43,2% der Patienten waren weiblich (n=76) und 56,8% männlich (n=100). Der Quotient zwischen weiblichen und Männlichen Patienten beträgt somit (w : m = 1 : 1,31).

3.4 Vorerkrankungen

Zu den für diese Studie dokumentierten Vorerkrankungen zählen arterielle Hypertonie, Diabetes mellitus, periphere arterielle Verschlusskrankheit, rheumatische Erkrankungen, Osteoporose, Z.n. Implantation einer Hüft- oder Kniegelenksendoprothese und Depressionen. Bei 68,2% der Patienten (n=120) gilt mindestens eine dieser Diagnosen als gesichert. Das heißt im Umkehrschluss, dass nur 31,8% der Patienten keinerlei gesicherte Vorerkrankungen hatten. Die mit Abstand häufigste Komorbidität war bei 59,7% aller Patienten (n=105) die arterielle Hypertonie, gefolgt von Diabetes mellitus Typ II bei 24,4% der Patienten (n=43). In annähernd gleicher Häufigkeit traten Osteoporose (5,7%, n=10), rheumatische Erkrankungen (6,8%, n=12), Knie- (5,1%, n=9) und Hüftgelenksendoprothesen (5,1%, n=9) sowie Depression (4,5%, n=8) und periphere arterielle Verschlusskrankheit (5,7%, n=10) auf (s. Tabelle 1).

	Anzahl (%) der Patienten	
	Studienpopulation	
	n = 176	
<i>Mindestens eine Vorerkrankung</i>	120	(68,2)
Skoliose	1	(0,6)
pAVK	10	(5,7)
Hüftgelenksendoprothese	9	(5,1)
Depression	8	(4,5)
Kniegelenksendoprothese	9	(5,1)
rheumatologische Erkrankungen	12	(6,8)
Osteoporose	10	(5,7)
Diabetes Mellitus Typ II	43	(24,4)
arterielle Hypertonie	105	(59,7)

Tabelle 1: Vorerkrankungen.

3.5 Potentielle Risikofaktoren

Präoperativ ergab sich aus 156 Patienten, bei denen die Körpergröße- und Gewichtsdaten bekannt waren, ein medianer BMI von 29,1 kg/cm² mit einer Spannweite von 21,0 bis 41,5 kg/cm². Abb. 15 zeigt die präoperativ erhobenen BMI-Werte, eingeteilt in < 18,5 kg/cm² (Untergewicht, 0%, n = 0), 18,5 - <25 kg/cm² (Normalgewicht, 16%, n = 25), 25 - <30 kg/cm² (Präadipositas, 37,8%, n= 59), 30 - <35 kg/cm² (Adipositas °I, 33,3%, n= 52), 35 - <40 kg/cm² (Adipositas °II, 10,2%, n= 16) und über 40 kg/cm² (Adipositas °III, 2,6%, n= 4). Daraus ergibt sich eine Adipositas bei 46% der Patienten (n=72) anhand der vor der Dekompression erhobenen BMI-Werte. Ein als Risikofaktor dokumentierter Nikotinkonsum fand sich bei 5,7% (n=10) der Patienten.

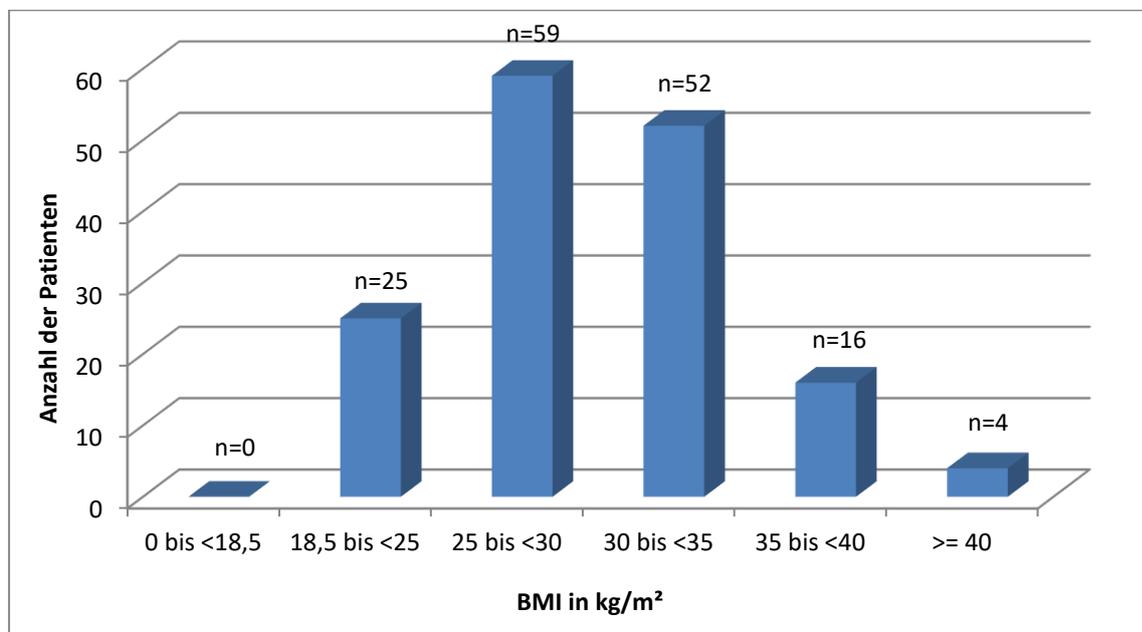


Abb. 15: Präoperative BMI-Werte (n=156).

3.6 Voroperationen und weitere Vorbehandlungen

Unter den voroperierten Patienten (23,3%, n=41) waren bei 15 Patienten Eingriffe im selben Segment durchgeführt worden, in dem man im Rahmen dieser Studie erneut intervenierte. In anderen Höhen wurden vorher 29 der Patienten dekomprimiert. Bei 2 Patienten war die voroperierte Etage nicht bekannt. Die Zahlen zeigen, dass bei einigen Patienten mehrere Etagen vor der aktuellen Dekompression operativ versorgt worden sind.

Laut Dokumentation erhielten 43,2% (n=76) der Patienten eine konservative Behandlung vor der OP. Die meisten unter ihnen (46,6%, n=75) behandelte man ausschließlich mit physiotherapeutischen Maßnahmen. Bei 2,8% der Patienten (n=5) wurde eine ISG-Infiltration durchgeführt.

Im Zeitraum bis zur OP nahmen die Hälfte der Patienten des finalen Kollektivs (n=88) mindestens ein Schmerzmittel ein. Eine Monotherapie lag bei 38,6% der Personen vor (n=68). Bei 10,2% (n=18) waren es zwei Analgetika und 1,2% der Patienten (n=2) erhielten drei verschiedene Schmerzmedikamente. NSAR-Präparate wurden bei 43,2% (n=76) der Patienten am häufigsten verabreicht, gefolgt von dem separat erfassten Metamizol und Opiaten mit jeweils 6,8% (n=12). Mit Pregabalin sind bis zur Operation 4,5% (n=8) der Patienten therapiert worden, während nur 1,2% der Personen (n=2) trizyklische Antidepressiva zur analgetischen Therapie einnahmen.

3.7 Präoperative Beschwerdesymptomatik

Die mediane Dauer der bestehenden Symptomatik lag bei 6 Monaten mit einer großen Spannweite von einer Woche bis 192 Monaten. Im Mittel betrug die Symptombdauer somit $14,1 \pm 25,8$ Monate (Mittelwert \pm Standardabweichung). 47,1% der Patienten (n=83) wurden nach dem erstmaligen Auftreten ihrer Beschwerden innerhalb von einem halben Jahr operiert. (s. Abb. 16)

Bei 62,5% (n=110) aller Patienten wurde eine Claudicatio-Symptomatik dokumentiert. Die mittlere schmerzfreie Gehstrecke betrug $163,5 \pm 245,7$ m, der Median lag bei 100 Metern bei einer Spannweite von 0 bis 1500 Metern.

Bei 25,5% (n=45) der Patienten waren die präoperativen Schmerzen ausschließlich (n=1) oder vordergründig (n=44) lumbal lokalisiert. Eine große Mehrheit von 73,3% der ausgewerteten Arztbriefe (n=129) bescheinigte eine ausschließlich (20,5%, n=36) oder vordergründig (52,8%, n=93) die Beine betreffende Beschwerdesymptomatik. Bei zwei Patienten war die Schmerzlokalisierung nicht eindeutig dokumentiert. In Bezug auf die Seitenverteilung der Beinschmerzen gaben 14,2% der Patienten (n=25) an, dass die Beschwerden beidseits seitengleich vorhanden wären; 37,5% (n=66) beschrieben eine beidseitige Symptomatik, wobei eine Seite besonders hervortrete. 46,6% (n=82) der Patienten klagte über streng einseitig lokalisierte Beinschmerzen.

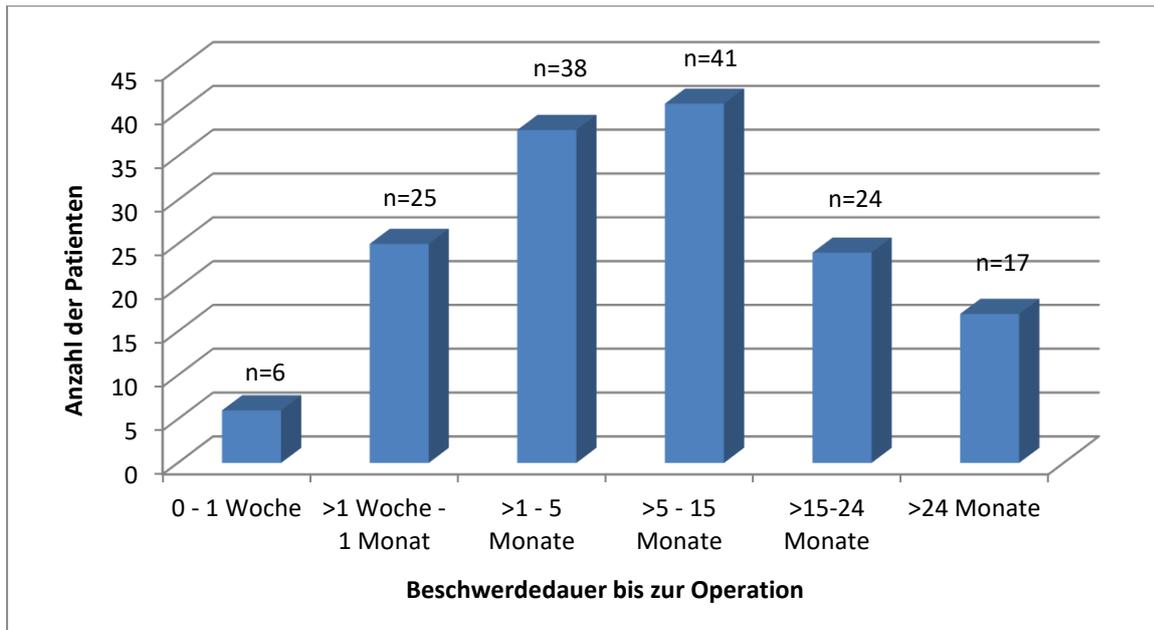


Abb. 16: Präoperative Beschwerdedauer (n=151).

Neurologische Symptome traten präoperativ bei 74,4% (n=131) Patienten auf. Dabei kam es am häufigsten zu Sensibilitätsstörungen (63,1%, n=111). Davon waren allerdings nur 39,2% (n=69) isoliert vorhanden. Von Paresen berichteten 23,8% (n=42) der Patienten, wobei auch hier nur 11,3% (n=20) allein über Paresen als Ausdruck einer neurologischen Symptomatik klagten. Bei 23,9% der Patienten (n= 42) wurden vor der Operation sowohl Paresen, als auch Sensibilitätsstörungen dokumentiert. 24,4% (n=43) der ausgewerteten Arztbriefe gaben keinen Hinweis darauf, dass neurologische Beschwerden vor dem Eingriff vorlagen. Neurologische Symptome äußern sich nicht selten auch in Form von vegetativen Ausfällen, von denen insgesamt 4,0% (n=7) der Patienten berichteten. 4 dieser Personen klagten über isolierte Blasenentleerungsstörungen, ein Patient hatte Probleme bei der Mastdarmentleerung und zwei Patienten litten an einer kombinierten Blasen- und Mastdarmentleerungsstörung (siehe Tabelle 2).

	Anzahl (%) der Patienten	
	n = 176	
Periphere neurologische Defizite	131	(74,4)
Parese und Sensibilitätsstörung	42	(23,9)
Isolierte Sensibilitätsstörung	69	(39,2)
Isolierte Parese	20	(11,3)
Vegetative Ausfälle	7	(4,0)
Isolierte Blasenentleerungsstörung	4	(2,3)
Isolierte Mastdarmentleerungsstörung	1	(0,6)
Blasen- und Mastdarmentleerungsstörung	2	(1,1)

Tabelle 2: Präoperative neurologische Symptomatik.

3.8 Präoperative radiologische Befunde

Bei 74,3% (n=131) der Patienten der Studienpopulation konnte radiologisch eine Stenose in einer Etage nachgewiesen werden, 2 Höhen waren bei 15,9% (n=28) betroffen, 3 Segmente waren bei 7,4% (n=13) und 4 Segmente bei 2,3% (n=4) stenotisch verändert. Insgesamt war unter den betroffenen Wirbelkörperhöhen LWK4/5 mit 68,8% (n=121) am häufigsten betroffen, gefolgt von LWK3/4 mit 32,4% (n=57), LWK5/SWK1 mit 15,9% (n=28), LWK2/3 mit 13,6% (n=24) und schließlich LWK1/2 mit 2,8% (n=5). Tabelle 3 dient der Übersicht, welche Höhen radiologisch wie oft betroffen waren. Die Stenose wurde in 22,1% der Fälle (n= 39) als knöchern bedingt klassifiziert. Bei 27,3% der Patienten (n= 48) lag vorwiegend eine Flavumhypertrophie als Ursache für die Stenose vor und bei 32,4% (n=57) konnte sowohl eine knöchernerne, als auch eine ligamentäre Hypertrophie mit einhergehender Einengung festgestellt werden. Bei den übrigen 33 Patienten war die Herkunft der Stenose nicht ausreichend dokumentiert. In der Bildgebung von 33,0% (n=58) der untersuchten Personen zeigte sich ein zusätzlicher Bandscheibenvorfall. Bei 9,7% (n=17) war eine Spondylolisthese Meyerding ^ol klassifiziert worden. Höhergradige Gefügeverschiebungen wurden nicht in das finale Kollektiv einbezogen.

Anzahl (%) der betroffenen Höhen		
n = 176		
Gesamtzahl betroffener Segmente	235	
LWK1/2	5	(2,8)
LWK2/3	24	(13,6)
LWK3/4	57	(32,4)
LWK4/5	121	(68,7)
LWK5/SWK1	28	(15,9)
Unisegmental betroffene Höhen	131	(74,3)
LWK1/2	2	(1,1)
LWK2/3	5	(2,8)
LWK3/4	21	(11,9)
LWK4/5	94	(53,4)
LWK5/SWK1	9	(5,1)
Multisegmental betroffene Höhen	45	(25,6)
LWK 3/4/5	14	(7,9)
LWK 2/3/4/5	2	(1,1)
LWK 3/4/5/ SWK 1	7	(4,0)
LWK 2/3/4; LWK 5/ SWK 1	3	(1,7)
LWK 2/3/4	7	(4,0)
LWK 4/5/ SWK 1	1	(0,6)
LWK 2/3; LWK 4/5/ SWK 1	4	(2,3)
LWK 1/2; LWK 4/5	1	(0,6)
LWK 2/3; LWK 4/5	2	(1,1)
LWK 2/3/4/5/ SWK 1	2	(1,1)
LWK 1/2/3/4; LWK 5/ SWK 1	1	(0,6)
LWK 1/2/3; LWK 4/5/ SWK 1	1	(0,6)

Tabelle 3: Radiologisch stenosierte Segmenthöhen.

3.9 Operation

44,3% (n=78) der Patienten wurden nur auf einer Seite mikrochirurgisch dekomprimiert, während der Eingriff bei den übrigen 55,7% (n=98) durch eine Unterschneidung zur Gegenseite ergänzt wurde. Eine Nukleotomie oder Sequesterektomie führte man bei 26,1% der Patienten (n=46) durch. In 86,9% der Operationen (n=153) wurde unisegmental dekomprimiert, bei 13,1% der Patienten

(n=23) operierte man mehrere Höhen. Bei 8,5% der Patienten (n=15) kam es zu einem Duraleck mit oder ohne Austritt von Liquor, welches im Bedarfsfall perioperativ gedeckt wurde.

3.10 Komplikationen

Bei 5,1% (n=9) der Patienten traten während oder nach der Operation Komplikationen auf, die in direktem Zusammenhang zu dem Eingriff standen und sich nicht länger als 4 Wochen im Anschluss an diesen entwickelten (siehe Tabelle 4). 0,6% der Patienten (n=1) entwickelte postoperativ eine neue Instabilität im behandelten Segment, welche sich als Blasenentleerungsstörung manifestierte und im Rahmen einer sekundären Fusionsoperation behandelt wurde. Bei 0,6% (n=1) kam es nach dem Eingriff zu verstärkten Blutungen im Operationsgebiet, welche eine Revisionsoperation mit Ausräumung des Hämatoms erforderlich machten. Ein nach der Dekompression neu aufgetretenes Defizit, welches sich entweder als Parese, Sensibilitätsstörung oder Blasenentleerungsstörung äußerte, zeigte sich bei 2,8% der Patienten (n=5). Neurologische Defizite in Form von Paresen waren dabei bei 1,1% (n=2) transient, das heißt sie bildeten sich bis zum Zeitpunkt der Entlassung langsam zurück und waren in den Folgeuntersuchungen nicht mehr nachweisbar. Bei 1,1% der Patienten (n=2) persistierten neu aufgetretene Sensibilitätsstörungen, bei 0,6% (n=1) kam es daraufhin zu einer Revisionsoperation bei Reststenose, bei dem anderen Betroffenen fanden sich keine entsprechenden Follow-Up-Daten mehr. Ein bereits o.g. Patient entwickelte nach der Operation eine Blasenentleerungsstörung, welche nach Revisionsoperation nicht mehr dokumentiert wurde. Eine Wundinfektion oder Spondylodiszitis trat bei einer 0,6% (n=1) auf. Bei 1,1% (n=2) verblieb innerhalb der ersten 4 Wochen nach der Operation eine Reststenose, die in einer Revisionsoperation erneut dekomprimiert werden musste.

Anzahl (%) der Patienten		
n = 176		
Patienten mit Komplikationen n / %	9	5,1
1 Komplikation	7	4,0
2 Komplikationen	2	1,1
Neues neurologisches Defizit	5	2,8
Transiente Blasenentleerungsstörung	1	0,6
Transiente Parese	2	1,1
Persistierende Sensibilitätsstörungen	2	1,1
Wundinfektion	1	0,6
Reststenose	2	1,1
Nachblutung	1	0,6
Instabilität	1	0,6

Tabelle 4: Komplikationen.

3.11 Klinisches Ergebnis bei Entlassung

Bei Krankenhausentlassung ist im Entlassungsbrief das klinische Ergebnis zu den Qualitäten Rückenschmerzen, Beinschmerzen, sowie Claudicatio- und neurologische Symptomatik dokumentiert worden. In Bezug auf Schmerzen im Rücken zeigten 92% der Patienten (n=162) ein gutes Ergebnis zum Zeitpunkt der Entlassung. 49,4% davon (n=87) waren schmerzfrei, 42,6% (n=75) erlebten eine deutliche Besserung der Beschwerden. Ein schlechtes Outcome beklagten 8,0% der Operierten (n=14), wobei 6,8% (n=12) davon ihre Schmerzen als „etwas gebessert“ einschätzten und 1,2% der Personen (n=2) angaben, dass die Beschwerden sich nicht geändert hätten.

Bei den Beinschmerzen kam es in 94,3% (n=166) der Fälle zu einem guten Outcome, wobei bei 61,9% der Patienten (n=109) keine Schmerzen vorhanden waren und bei 32,4% der Patienten (n=57) die Beschwerden eine deutliche Besserung erfuhren. Unter den 5,7% als schlechtes Outcome klassifizierten Fällen (n=10) gaben alle Patienten an, Ihre Beinschmerzen hätten sich nur „etwas gebessert“.

In Bezug auf die Claudicatio spinalis wurde ein gutes Outcome sogar bei 98,3% (n=173) der Patienten dokumentiert. 76,1% gaben an, keine belastungsabhängigen Schmerzen (n=134) zu haben, bei 22,2% der Patienten (n=39) hatte sich die Claudicatio-Symptomatik direkt postoperativ deutlich gebessert. Ein schlechtes

Outcome präsentierte sich nur in 1,7% der Fälle (n=3), wobei alle diese Personen die Claudicatio spinalis als „etwas gebessert“ bezeichneten (siehe Abb. 17).

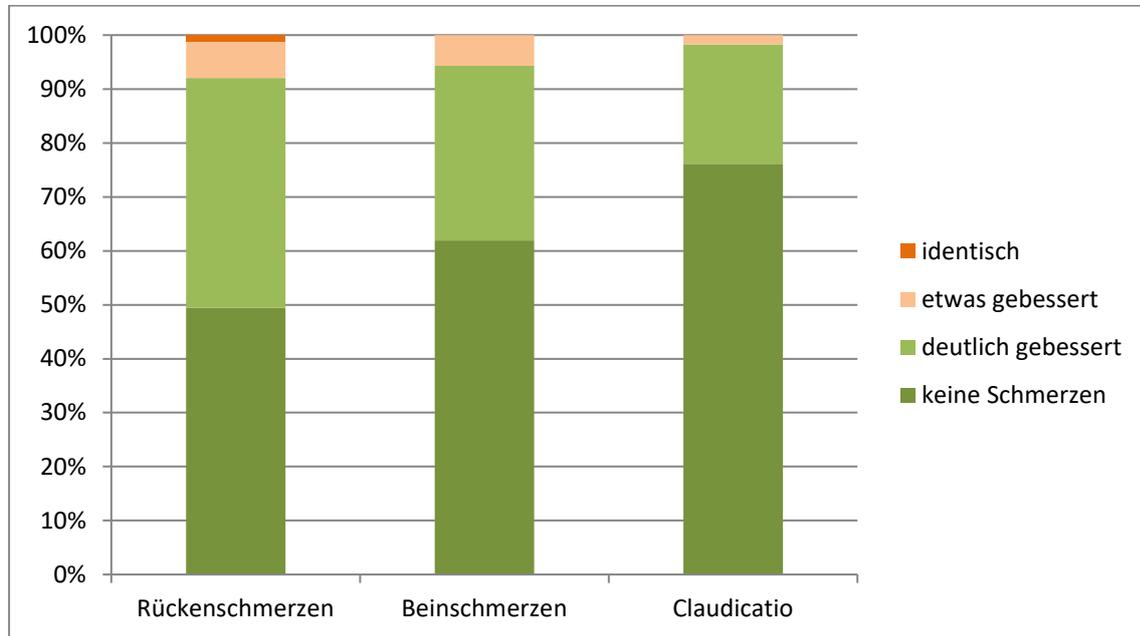


Abb. 17: Klinisches Ergebnis zum Zeitpunkt der Entlassung (n=176).

Etwas weniger deutlich fiel das postoperative Outcome der neurologischen Symptome, also Paresen, Sensibilitätsstörungen, sowie Blasen- und Mastdarmt leerungsstörungen aus (Abb. 18). 84,1% (n=148) der Patienten konnten direkt postoperativ ein gutes klinisches Ergebnis vorweisen. 59,1% (n=104) gaben an, unter keinen neurologischen Ausfällen zu leiden. Bei 25,0% der Patienten (n=44) hatte sich die vorbestehende Symptomatik deutlich gebessert. Ein schlechtes klinisches Ergebnis wurde in 15,9% der Fälle (n=28) beschrieben. 22 von diesen Patienten bezeichneten ihrer neurologischen Symptome als nur „etwas gebessert“. Eine Person gab an, dass sich ihre Beschwerden gar nicht verändert hätten und 5 Patienten klagten auch nach einer eventuellen Revisionsoperation entweder über eine Verschlechterung ihrer vorbestehenden Symptomatik oder über ein neu aufgetretenes neurologisches Defizit.

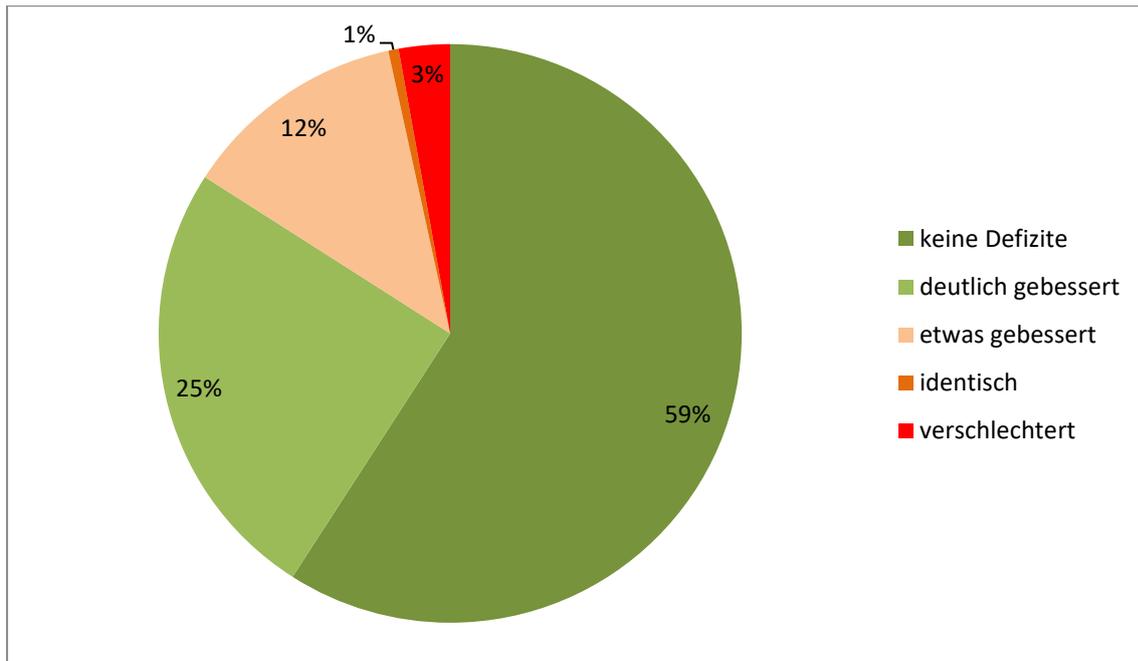


Abb. 18: Relative Häufigkeiten der neurologischen Ausfälle zum Zeitpunkt der Entlassung (n=176).

3.12 Kurzzeitergebnis

Die erste Nachuntersuchung erfolgte nach einem Median von 1,9 Monaten mit einer Spanne von 0,2 bis 11,7 Monaten (Mittelwert $2,5 \pm 2,0$ Monate). Hierzu lagen die Daten von 46,6% der Patienten (n=82) vor.

Bei den Rückenschmerzen zeigte sich bei 82,9% der Patienten (n=68) ein gutes Ergebnis. 54,9% (n=45) unter ihnen hatten keine Einschränkungen im Bereich des Rückens, 28,0% (n=23) gaben an, dass sich ihre Rückenschmerzen nach der OP deutlich gebessert hätten. Bei 17,1% der Fälle (n=14) fand sich ein schlechtes klinisches Ergebnis, wobei 6,1% der Personen (n=5) ihre Beschwerden als „etwas gebessert“ bezeichneten und 11,0% der Patienten (n=9) beklagten, unter den gleichen Schmerzen wie vor der Operation zu leiden.

In Bezug auf die Beinschmerzen war das Ergebnis bei 89,0% (n=73) als gut zu bewerten. 67,1% der Patienten (n=55) gaben an, keine Beschwerden im Bereich der Beine zu haben, während 21,9% (n=18) über eine deutliche Besserung im Vergleich zu vor der OP berichteten. Ein schlechtes Ergebnis wurde bei 11,0% der Patienten (n=9) registriert. 4,9% der Personen (n=4) sahen ihre Beinschmerzen als „etwas gebessert“ an und in 6,1% der Fälle (n=5) kam es zu keiner Änderung der Einschränkungen im Bereich der Beine im Vergleich zum Zustand vor der Dekompression.

Das beste klinische Ergebnis (92,7%, n=76) bei der ersten Nachuntersuchung wurde für die Claudicatio-Symptomatik erreicht. 69,5% der Patienten (n=57) berichteten zu diesem Zeitpunkt, keine belastungsabhängigen, claudicatio-typischen Schmerzen mehr zu verspüren. Bei 23,2% (n=19) hatten sich die Beschwerden seit der OP deutlich gebessert. Ein schlechtes Outcome zeigte sich nur bei 7,3% der Personen (n=6), von denen jeweils 3,7% (n=3) ihre Claudicatio-Symptomatik als „etwas gebessert“ bezeichneten bzw. die gleichen Einschränkungen wie vor der Operation beklagten (siehe Abb. 19).

Präoperativ diagnostizierte neurologische Ausfallerscheinungen fanden sich bei der ersten ambulanten Nachkontrolle bei 89,0% der Fälle (n=73) gebessert. 56,1% der Untersuchten (n=46) zeigten keine fokale neurologische Defizite mehr, während 32,9% (n=27) ihre vor der OP bestehenden Beschwerden als „deutlich gebessert“ bezeichneten. Ein schlechtes Outcome zeigte sich bei 11,0% der Patienten (n=9). Bei 9,8% von ihnen (n=8) hatten sich die neurologischen Ausfallerscheinungen im Vergleich zu vor der Dekompression nur etwas gebessert und eine Person beklagte ein neu aufgetretenes neurologisches Defizit (siehe Abb. 20).

Bei der ersten Nachuntersuchung wurde bei 14,6% der Patienten (n=12) eine Bildgebung durchgeführt. Bei 11% dieser Patienten (n=9) zeigte sich ein Normalbefund, bei einer Person konnte bildmorphologisch eine Instabilität nachgewiesen werden und bei 2,4% (n=2) der Untersuchten wurde eine Rezidivstenose diagnostiziert. Bei 7 der 12 Bildgebungen (58,3%) war im Vorfeld in mindestens einem der 4 Qualitäten (Rückenschmerzen, Beinschmerzen, Claudicatio, neurologische Symptomatik) ein klinisch schlechtes Ergebnis diagnostiziert worden.

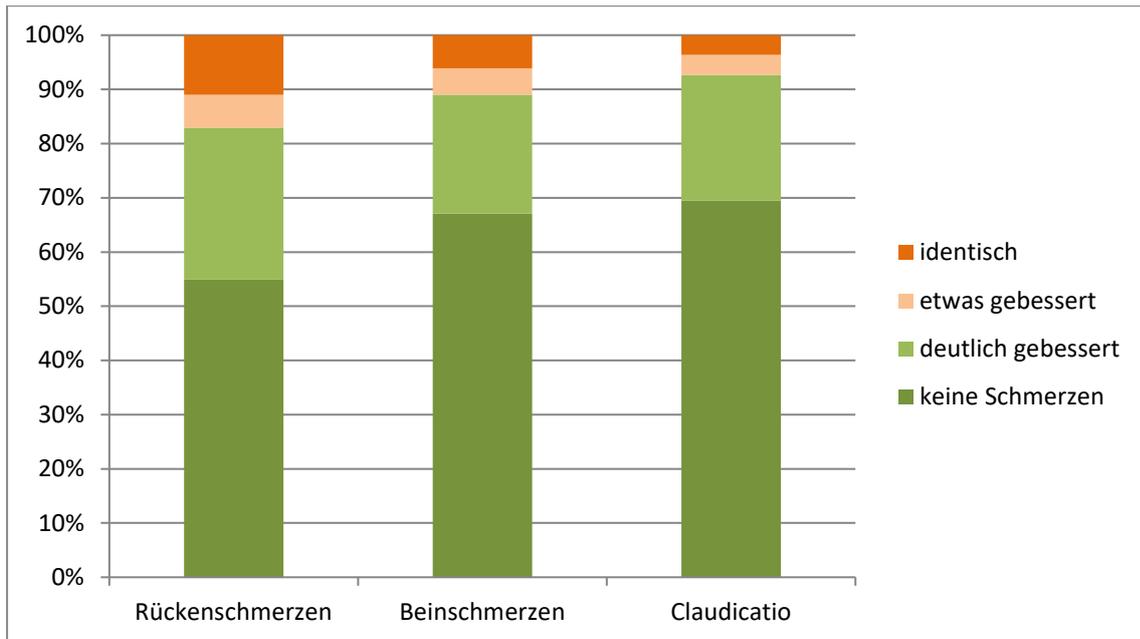


Abb. 19: Klinisches Kurzzeitergebnis (n=82).

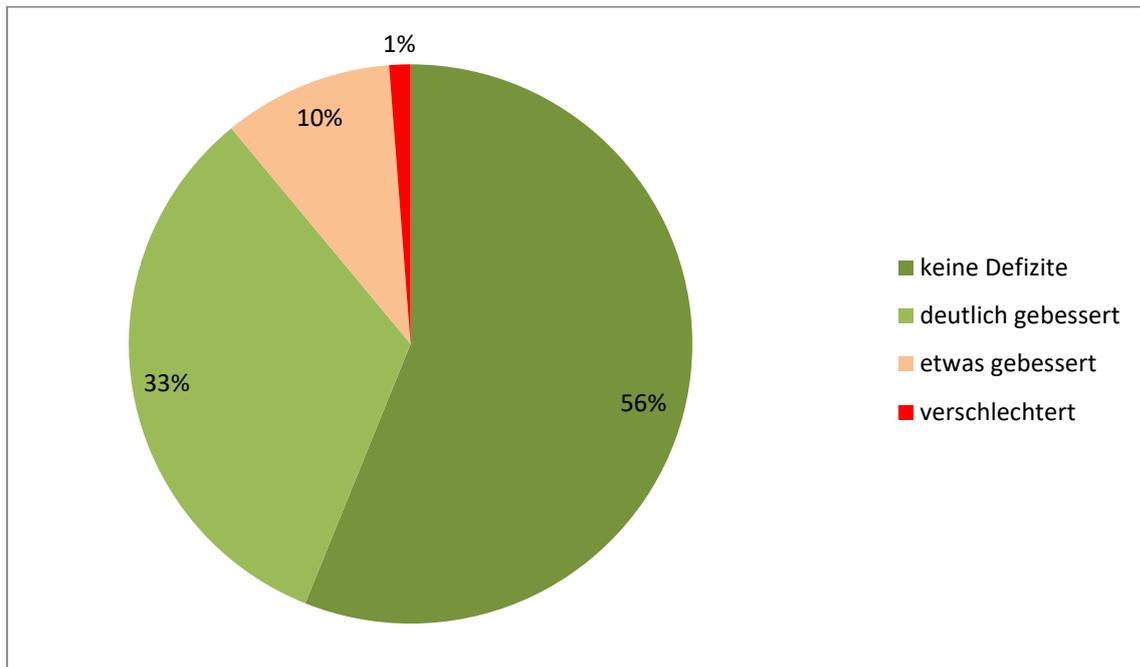


Abb. 20: Relative Häufigkeiten der neurologischen Ausfälle im Rahmen des Kurzzeitergebnisses (n=82).

3.13 Langzeitergebnis

Für das Langzeitergebnis ergab sich eine mediane Follow-up-Periode von 27,7 Monaten mit einem Range von 12,3 bis 94,7 Monaten. (Mittelwert $32,4 \pm 19,3$ Monate).

Von 27,3% (n=48) aller Patienten konnten entsprechende Daten erhoben werden.

Ein gutes Ergebnis bei den Rückenschmerzen fand sich bei 56,3% der Untersuchten (n=27). Davon berichteten 35,4% (n=17), keine Schmerzen zu haben und 20,8% (n=10) gaben an, dass sich ihre Rückenbeschwerden deutlich gebessert hätten. Ein schlechtes Ergebnis wurde bei 43,7% (n=21) festgestellt, wobei 22,9% der Patienten (n=11) ihre Rückenschmerzen als „etwas gebessert“ bezeichneten und 20,8% (n=10) darüber klagten, keine Änderung ihrer Symptome im Vergleich zur präoperativen Situation festgestellt zu haben.

Das Ergebnis bei den Beinschmerzen konnte in 52,1% der Fälle (n=25) als gut bezeichnet werden. 35,4% der Patienten (n=17) gaben an, keine Schmerzen in den Beinen zu verspüren, während 16,7% (n=8) ihre Beschwerden als deutlich gebessert beschrieben. Bei 47,9% der Untersuchten (n=23) war das Ergebnis schlecht. Davon gaben 25,0% Patienten (n=12) an, dass sich ihre Beschwerden im Bereich der Beine etwas gebessert hätten und 22,9% (n=11) beschrieben ihre Symptomatik als weitgehend unverändert.

In Bezug auf die Claudicatio-Symptomatik fand sich ein gutes Ergebnis bei 68,7% der Untersuchten (n=33). 52,1% von ihnen (n=25) hatten keine belastungsabhängigen claudicatio-typischen Beschwerden mehr und 16,6% (n=8) berichteten über eine deutliche Verbesserung der vor der Dekompression vorhandenen Einschränkungen. In 31,3% der Fälle (n=15) wurde das klinische Ergebnis als schlecht bewertet. 12,5% dieser Patienten (n=6) beschrieben ihre Claudicatio spinalis als „etwas gebessert“, während 18,8% von ihnen (n=9) im Vergleich zur Situation vor dem Eingriff keine Veränderung bemerkten (siehe Abb. 21).

Die neurologischen Symptome bei der zweiten Nachuntersuchung wurde bei 64,6% der Untersuchten (n=31) als gut eingestuft. 56,3% der Patienten (n=27) hatten keinerlei neurologische Einschränkungen, die als Folge einer LSS zu werten gewesen wären. 8,3% (n=4) bezeichneten ihre Symptome als deutlich gebessert. Ein schlechtes Ergebnis zeigten 35,4% der Patienten (n=17), von denen 18,7% (n=9) ihre neurologischen Defizite als „etwas gebessert“ beschrieben, 14,6% (n=7) die gleichen Beschwerden wie vor der Operation hatten und ein Patient über eine neu aufgetretene Einschränkung klagte (siehe Abb. 22).

In 75,0% der Fälle (n=36) veranlasste man bei der zweiten Nachuntersuchung eine Bildgebung. Bei 25 dieser 36 Patienten (69,4%) war im Vorfeld in mindestens einem der 4 Symptomebereiche (Rückenschmerzen, Beinschmerzen, Claudicatio,

neurologische Symptomatik) ein klinisch schlechtes Ergebnis diagnostiziert worden. Bei 25 Untersuchten ergab sich ein Normalbefund, bei 11 Patienten (22,9%) zeigte sich bildmorphologisch eine Rezidivstenose. Alle diese Patienten hatten in mindestens einem der 4 Symptombereiche (Rückenschmerzen, Beinschmerzen, Claudicatio, neurologische Symptomatik) ein klinisch schlechtes Ergebnis. Bei 6 von ihnen waren die Beschwerden identisch oder sogar schlechter als vor der Operation.

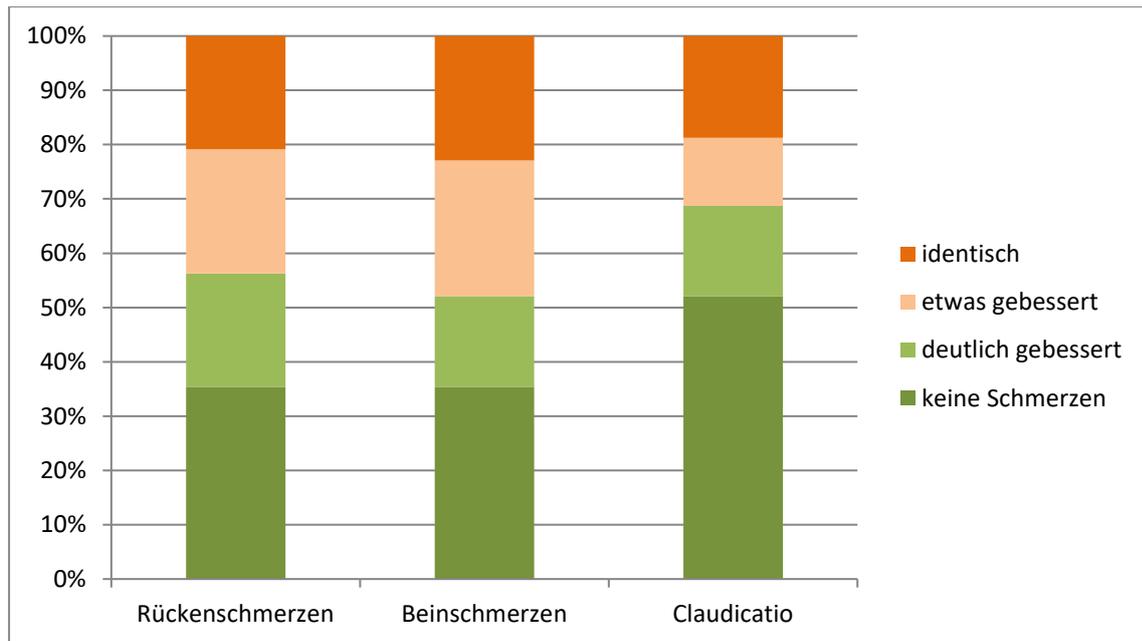


Abb. 21: Klinisches Langzeitergebnis (n=48).

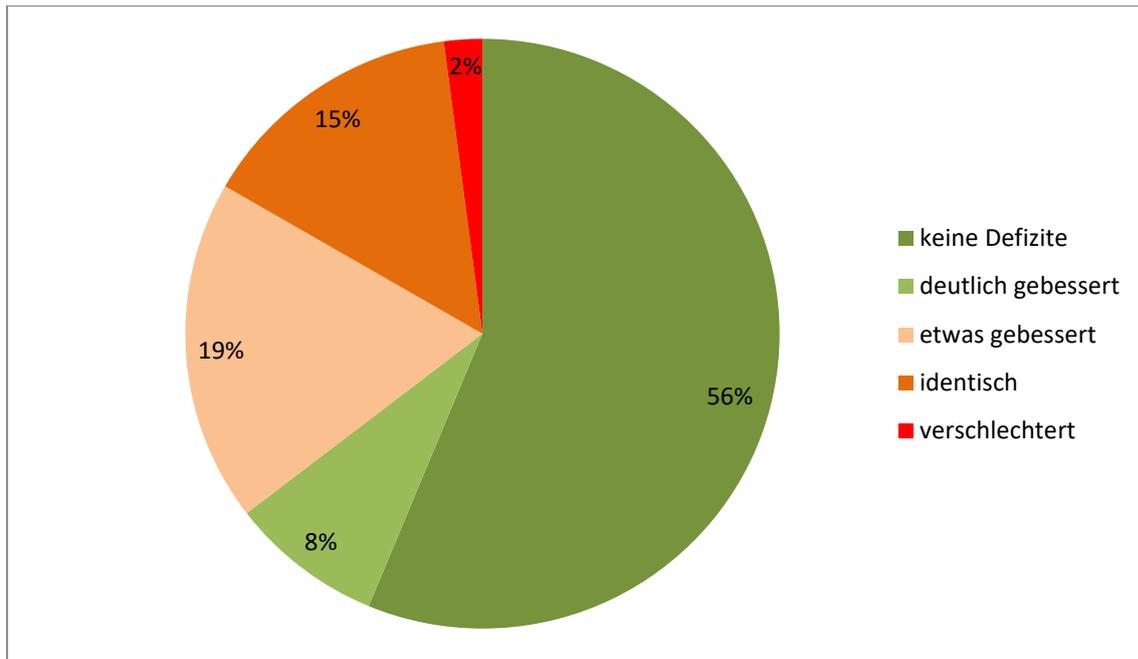


Abb. 22: Relative Häufigkeiten der neurologischen Ausfälle im Rahmen des Langzeitergebnisses (n=48)

3.14 Fragebogen

Vollständig ausgefüllte Fragebogen wurden von 155 Personen innerhalb des Erhebungszeitraumes zurückgeschickt. Dies entspricht einer Rücklaufquote von 88,1% in Bezug auf die Studienpopulation. Die mediane Zeitspanne zwischen OP und dieser aktuellsten Patientenauskunft betrug 74,6 Monate mit einem Range von 34,4 bis 111,2 Monaten. (Mittelwert: 74,6 Monate, Standardabweichung: 20,3 Monate) Das Alter der Patienten bei Beantwortung der Fragen lag im Mittel bei 74,1 Jahren (Median: 76 Jahre) mit einer Spanne von 38 bis 89 Jahren.

Zu diesem Zeitpunkt wurden die aktuellen Rückenschmerzen mittels visueller Analogskala mit durchschnittlich 4,4 Punkten angegeben (Median: 4), wobei die komplette Spanne von 1 bis 10 vertreten war. Bei den Beinschmerzen zeigte sich ein ähnliches Bild mit einem Mittelwert von 4,1 (Median: 4) bei maximal möglichem Range von 0 bis 10.

In Bezug auf die Hauptlokalisation der Beschwerden auf einer Skala von 1 (nur Beinschmerzen) bis 10 (nur Rückenschmerzen) ergab sich ein Mittelwert von 5,2 (Standardabweichung 3,2) was im Mittel einer etwas häufiger ausgeprägten Affektion des Rückens entspricht. Der durchschnittliche Wert des Oswestry Disability Index betrug $30,5 \pm 4,2$ % (Median 30,0 % mit einer Spannweite von 0 bis 96 %) körperlicher

Beeinträchtigung durch Schmerzen. 44,5% (n=69) der Patienten, die den Fragebogen beantworteten, nahmen mindestens ein Schmerzmedikament ein. 28,4% (n=44) griffen dabei auf NSAID zurück, 17,4% (n=27) waren auf starke Opiate eingestellt, 5,2% (n=8) wurden mit Gabapentin, 4,5% (n=7) mit Metamizol therapiert, 3,9% (n=6) griffen auf schwach wirksame Opiate zurück, während 3,2% (n=5) Pregabalin einnahmen und eine Person ihre Schmerzen mit trizyklischen Antidepressiva behandelte. Ihren aktuellen Gesundheitszustand schätzten die Befragten auf einer Skala von 0 (schlechtester denkbarer Gesundheitszustand) bis 10 (bester denkbarer Gesundheitszustand) mit durchschnittlich 6,1 (Standardabweichung: 2,1, Median: 6,0 mit einer Spannweite von 1 bis 10) ein.

3.15 Claudicatio-Langzeitergebnis unter Einbeziehung der Fragebogendaten

Das Langzeitergebnis der Studienpopulation (n=176) in Bezug auf die Claudicatio-Symptomatik wurde aus den Fragebogendaten (n=155) sowie aus den Langzeitergebnisdaten der Patienten gebildet (n=21), die den Fragebogen nicht zurücksandten. Es ergab sich eine mediane Follow-Up-Zeit von 71,6 Monaten bei einem Range von 12,3 bis 111,2 Monaten. Ein gutes Ergebnis in Hinblick auf die Claudicatio-Symptomatik wiesen 47,2% der Patienten (n=83) auf, wobei 37,5% der Patienten (n=66) völlig beschwerdefrei waren und 9,7% der Patienten (n=17) angaben, dass sich ihre Beschwerden deutlich gebessert hätten. Über ein schlechtes Ergebnis klagten 52,8% der Patienten (n=93), von denen 10,2% (n=18) ihre Schmerzen als etwas gebessert bezeichneten, bei 21,0% von ihnen (n=37) waren die Schmerzen ebenso wie vor der Operation vorhanden und bei 21,6% der Personen (n=38) hatte sich die Symptomatik sogar verschlechtert (siehe Abb. 23).

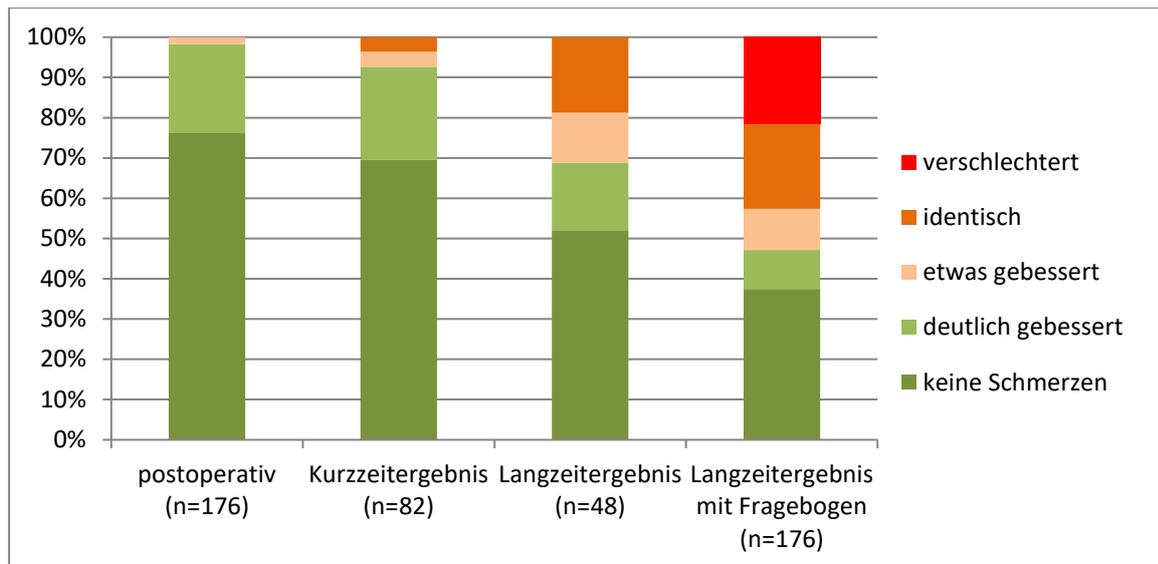


Abb. 23: Entwicklung der Claudicatio-Symptomatik

3.16 Reoperationen

Insgesamt wurden 30 Zweitoperationen durchgeführt, was einer Reoperationsrate von 17,0% entspricht. Die mediane Zeitspanne zwischen OP und Re-OP betrug 11,6 Monate bei einer Spanne von 2 Tagen bis 5,7 Jahren. 2,8% der Zweitoperationen (n=5) fanden innerhalb von einem Monat nach der Operation statt und werden im Folgenden als komplikationsassoziierte Revisionsoperationen bezeichnet, welche im Mittel $1,7 \pm 1,4$ Wochen nach der Dekompressionsprozedur durchgeführt wurden. (Median: 1,1 Wochen, Spannweite von 0,3 bis 4,3 Wochen).

Von den 5 komplikationsassoziierten Revisionsoperationen war bei einem Patienten (0,6%) die Operation wegen einer Wundinfektion notwendig. Zwei weitere Patienten (1,1%) wurden aufgrund einer Reststenose erneut dekomprimiert. In einem Fall (0,6%) wurde wegen einer starken Nachblutung die Indikation zur Revisions-Operation gestellt. Bei einem Patienten (0,6%) entwickelte sich eine postoperative Instabilität im voroperierten Segment, die eine Fusionsoperation notwendig machte.

Die 25 nicht-komplikationsassoziierten Reoperationen (14,2%) wurden im Mittel $19,6 \pm 18,1$ Monate (Median 14,9 Monate mit einer Spannweite von 2,1 Monaten bis 5,7 Jahren) nach der Erstoperation durchgeführt. Eine erneute Dekompression war bei insgesamt 20 Personen (11,4%) notwendig. Am häufigsten wurde bei Reoperationen dasselbe Segment wie bei der Primäroperation erneut dekomprimiert. Dies war bei 5,1% der Patienten (n=9) der Fall, gefolgt von Stenosen in anderen Höhen der LWS

bei 6,3% der Patienten (n=7). Bei 2,3% der Patienten (n=4) wurden im Rahmen der Reoperation sowohl das voroperierte, als auch andere Segmente dekomprimiert.

Bei insgesamt 4,5% der Personen (n=8) war eine Fusionsoperation notwendig, mit einer medianen Zeit zwischen Dekompressionsoperation und Fusion von 75 Wochen. Bei 3 dieser Fälle war das initial dekomprimierte Segment alleine betroffen, bei 4 Patienten war das Indexsegment, sowie andere Höhen beteiligt, bei einem Patienten führte ein Sturz zur Notwendigkeit einer Fusionsoperation.

Die Reoperationsrate (siehe Tabelle 5) war bei Patienten mit Spondylolisthese Meyerding ° I mit 35,3% signifikant höher (p=0,035) als bei Patienten ohne Wirbelgleiten (15,1%). Noch weiter auseinander lagen die Raten für Fusionsoperationen bei Patienten mit Spondylolisthese Meyerding ° I (17,6%) und bei Patienten ohne jegliches Wirbelgleiten (17,6% vs. 3,1%, p=0,006).

	Patienten mit Spondylolisthese ° I n=17	Patienten ohne Spondylolisthese ° I n=159
Reoperationen sekundäre Fusionsoperationen	6 (35,3%) 3 (17,6%)	24 (15,1%)* 5 (3,1%)**

Tabelle 5: Reoperationen und sekundäre Fusionen bei Patienten mit und ohne Spondylolisthese Meyerding Grad I (Fishers exact Test, *p=0,035, **p<0,006)

3.17 Prognostische Faktoren für Revisionsoperationen und Claudicatio-Langzeitergebnis

In der univariaten Analyse wurden folgende potentielle Einflussfaktoren für eine Revisions-Operation untersucht: Alter zum Zeitpunkt der Operation, Geschlecht, Adipositas, Diabetes mellitus, Nikotinkonsum, Voroperationen im Bereich der Lendenwirbelsäule, Dauer der Beschwerden bis zur OP, präoperativ festgestellte, schmerzfreie Restgehstrecke, präoperative Schmerzmedikation, präoperative Spondylolisthese Meyerding ° I im Indexsegment, Operationstechnik (unilaterale Dekompression vs. unilaterale Dekompression mit Undercutting), Anzahl operierter Segmente, Komplikationen, Sequesterektomie und Nukleotomie. Aufgrund ihres klinischen Wertes und der Ergebnisse der univariaten Analyse (p < 0,10) wurden die

Faktoren Voroperationen im Bereich der LWS und Spondylolisthese Meyerding °I im Indexsegment in das multivariate Modell der logistischen Regression einbezogen. Die abschließende Analyse identifizierte lediglich das Vorhandensein von Voroperationen im Bereich der Lendenwirbelsäule als unabhängigen Einflussfaktor für eine Revisions-Operation (siehe Tabelle 6). Für eine leichtgradige Spondylolisthese (Meyerding °I) ließ sich kein signifikanter Einfluss auf die Rate der Reoperationen nachweisen. Der Parameter Komplikationen wurde aufgrund seines als eher gering einzuschätzenden Informationsgehaltes trotz deutlicher Signifikanz im Rahmen der univariaten Analyse ($p < 0,001$) nicht in das Modell einbezogen.

Re-OPs ohne höhergradige Spondylolisthese (n=24)		
	OR (95% CI)	p-Wert
Prädiktoren für Re-OP		
LWS-Voroperationen	2,64 (1,13-6,17)	0,025
Spondylolisthese	2,98 (0,98-9,04)	0,054
OR = Odds Ratio, 95% CI = 95% Konfidenzintervall		

Tabelle 6: Prognostische Faktoren für Reoperationen.

Die gleichen Faktoren, wie oben aufgezählt, wurden auf einen potentiellen Einfluss auf die Claudicatio-Symptomatik zur letzten Nachuntersuchung überprüft. Weiterhin gingen in diese univariate Analyse noch die Parameter Raucherstatus, Diabetes mellitus und Reoperationen ein. Aufgrund ihres klinischen Wertes und der Ergebnisse der univariaten Analyse ($p < 0,10$) wurden die Faktoren Alter zum Zeitpunkt der Operation, Geschlecht, Adipositas, Voroperationen im Bereich der Lendenwirbelsäule, Dauer der Symptome bis zum Eingriff und Raucherstatus in das Modell der logistischen Regression aufgenommen. Die abschließende Analyse zeigte für die 176 Patienten, dass hohes Alter (ein bestimmter Alters-Grenzwert konnte im Rahmen einer ROC-Analyse nicht identifiziert werden), weibliches Geschlecht, Adipositas und Raucherstatus, unabhängige Prädiktoren für ein schlechtes klinisches Ergebnis bei der Long-Term-Claudicatio-Symptomatik sind (siehe Tabelle 7). Weitere signifikante Interaktionen zwischen den untersuchten Variablen hatten außerdem: männliches Geschlecht und Nikotinkonsum ($p = 0,045$), Voroperationen im Bereich der LWS und

präoperativ bestehende Schmerzmedikation ($p=0,032$), sowie Adipositas und präoperativ bestehende Schmerzmedikation ($p=0,003$).

	Schlechtes Outcome n=93	
	OR (95% CI)	p-Wert
Prädiktoren für schlechtes Outcome		
Höheres Alter	1,17 (1,05-1,31)	0,030
Weibliches Geschlecht	2,64 (1,19-5,82)	0,016
Adipositas	1,17 (1,05-1,31)	0,018
Raucher-Status	8,41 (1,44-49,08)	0,004
Voroperationen im Bereich der LWS	1,49 (0,58-3,85)	0,407
Längere Symptombdauer bis zur OP	1,85 (0,83-4,13)	0,133
OR = Odds Ratio, 95% CI = 95% Konfidenzintervall		

Tabelle 7: Prognostische Faktoren für ein schlechtes klinisches Ergebnis hinsichtlich der Claudicatio-Symptomatik

4 Diskussion

4.1 Methodenkritik

Die Hauptlimitation der vorliegenden Analyse liegt im retrospektiven Charakter der Datenerhebung und den damit einhergehenden Unsicherheitsfaktoren hinsichtlich der Dokumentation, wie fehlende, zu festgelegten Zeiten stattfindende Nachuntersuchungstermine. Außerdem wurden Beschwerden im Rahmen dieser Untersuchungen nicht in Form von Rückenschmerzspezifischen Scores erhoben, was die Objektivierbarkeit und die Vergleichbarkeit der Werte im Verlauf erschwerte. Vermutlich war ein hohes medianes Alter von 76,3 Jahren bei Beantwortung der Fragebogen der Grund für die nicht komplette Rücklaufquote, was unter anderem durch altersbedingte Sterblichkeit und altersbedingten Wegzug (bspw. in Pflegeeinrichtungen) zu erklären wäre. Auch zum Zeitpunkt der Operation war das mediane Alter der Patienten mit 70 Jahren recht hoch, was eine geringere restliche Lebenserwartung bedeutet. Auch aufgrund eventueller Pflegebedürftigkeit im weiteren Verlauf könnten die Frequenz der ambulanten Wiedervorstellungsbesuche negativ beeinflusst worden sein. Darüber hinaus kann die Multimorbidität der überwiegend älteren Patienten zu einer Überlagerung der LSS-bedingten Beschwerden durch Schmerzen führen, die eher mit anderen Erkrankungen assoziiert sind.

Weitere potenzielle Verzerrungen der Ergebnisse entstehen durch die unterschiedliche praktische Umsetzung der Laminotomien, die von verschiedenen Operateuren unter Umständen geringfügig variiert worden sind.⁴ Die Stärke der hier präsentierten Daten liegt trotz oben genannter Einschränkungen vor allem in der Größe des Stichprobenumfangs und des langen Beobachtungszeitraumes, welche eine repräsentative Identifizierung von Langzeitergebnissen nach Operation, sowie diesbezüglichen prognostischen Faktoren erlauben.

4.2 Patientencharakteristika

Das mediane Alter der Patienten zum Zeitpunkt der Operation in dieser Untersuchung spiegelt mit 70 Jahren recht gut die Altersverteilung bei operationsbedürftiger lumbaler Spinalkanalstenose in anderen Studien wider.^{57,67,68} Die größte Anzahl an Dekompressionsoperationen wurde im Falle des hier vorliegenden Kollektivs bei Personen im Alter von 71 bis 80 Jahren durchgeführt, was auch in anderen Untersuchungen bestätigt wird und unter anderem auf die in dieser Altersgruppe hohe Prävalenz der klinisch manifesten LSS zurückzuführen ist, die in der Literatur von 10,8% bis 11,9% angegeben wird.^{2, 69}

Ein Zusammenhang zwischen Alter und Geschlecht konnte im Rahmen der statistischen Auswertung nicht nachgewiesen werden. Eine Untersuchung von Ishimoto et al. wies diesbezüglich nach, dass in der Altersgruppe der 61 – 70-Jährigen bei Männern etwas häufiger eine lumbale Spinalkanalstenose diagnostiziert wurde und ab der Altersgruppe der 71 – 80-Jährigen es zu einer Häufung der Diagnosestellung bei Frauen kam.⁶⁹ Laut Lee et al. haben Frauen im Vergleich zu Männern bis zum 50. Lebensjahr eine höhere und ab diesem Zeitpunkt eine deutlich geringer werdende Knochendichte im Bereich der Lendenwirbelsäule.⁷⁰ Dies könnte wiederum ein Hinweis auf einen möglichen Zusammenhang zwischen stabilitätsvermindernden, intravertebralen Prozessen und einer dadurch bedingten Enge des Spinalkanals im höheren weiblichen Alter sein. Allerdings wäre auch denkbar, dass der Umstand der geringeren Lebenserwartung von Männern gegenüber Frauen eine größere Gruppe an zu operierenden Frauen in höherem Alter nach sich zieht.

4.3 Vorerkrankungen und Risikofaktoren

Das Robert-Koch-Institut ermittelte 2013 eine bundesdeutsche Adipositasprävalenz von 23,9% bei Frauen und 23,3% bei Männern. Mensink et al. beschrieben in einer im gleichen Jahr durchgeführten Studie eine zunehmende Prävalenz von Adipositas im fortschreitenden Lebensalter mit Werten bis 41,6% bei Frauen im Alter von 70-79 Jahren.⁷¹ Eine präoperative Gesamt-Adipositas-Prävalenz der hier vorgestellten Studienpopulation von 41,9% erscheint vor diesem Hintergrund schlüssig. Bereits in mehreren Studien konnte ein Zusammenhang zwischen der Pathogenese der Spinalkanalstenose und einem BMI > 30kg/m² gezeigt werden, ebenso, dass die Entstehung und die Persistenz von lumbalen Rückenschmerzen bei Adipositas gehäuft vorkommt.^{72, 73}

5,7% der Patienten gaben einen regelmäßigen Nikotinkonsum an. Laut einer Untersuchung des Statistischen Bundesamtes rauchten 2013 etwa 9,1% aller Befragten ab 65 Jahren. In der gleichen Altersgruppe gaben 7,6% an, regelmäßig zu rauchen und nur 0,8% starke Raucher zu sein.⁷⁴ In Anbetracht dieser Zahlen erscheinen o.g. 5,7% an Patienten mit „Nikotinkonsum“ repräsentativ. Angaben über die Quantität des Nikotinkonsums wurden im Rahmen dieser Arbeit nicht erhoben.

Bezüglich der Vorerkrankungen Depression und Osteoporose konnte kein signifikanter Einfluss auf das klinische Ergebnis nach Operation identifiziert werden. In Anbetracht der eventuell nicht immer vollständigen Dokumentation dieser Erkrankungen in den Arztbriefen sind diese Zahlen möglicherweise nicht repräsentativ. Pakarinen et.al.

kamen jedoch zu dem Schluss, dass Depression als Prädiktor für ein schlechtes postoperatives Ergebnis zu werten ist.⁷⁵

Die arterielle Hypertonie macht mit 59,7% aller Patienten eine recht häufige Komorbidität aus. Laut einer Studie des Robert Koch Instituts zum Bluthochdruck in Deutschland von 2013 liegt bei 29,9% aller Frauen und 33,3% aller Männer eine arterielle Hypertonie vor. Weiterhin wird in dieser Untersuchung eine deutliche Zunahme der Prävalenz im zunehmenden Alter festgestellt. 59,8% der 60- bis 65-jährigen Männer und Frauen hätten demnach eine manifeste arterielle Hypertonie.⁷⁶ In Anbetracht der Tatsache, dass sich ein Großteil der untersuchten Patienten bereits in einem fortgeschrittenen Alter befindet, erscheint die im Rahmen der hier vorliegenden Studie ermittelte Prävalenz realistisch.

Diabetes mellitus tritt in der vorliegenden Untersuchung mit 24,4% deutlich häufiger auf, als es eine vom Robert Koch Institut in Auftrag gegebene Studie von 2017 vermuten lässt, in der von einer Prävalenz von 7,2% bis 9,7% bei 18- bis 79-Jährigen beschrieben wird.⁷⁷ Das könnte darauf hinweisen, dass ein epidemiologischer Zusammenhang zwischen Diabetes und LSS besteht, was auch eine Studie von Uesugi et al. nahe legt, laut der auch die arterielle Hypertonie bei Patienten mit lumbaler Spinalkanalstenose häufiger auftritt als in einem vergleichbaren Kollektiv aus der Normalbevölkerung.⁷⁸ Auch Alpantaki et.al. wiesen nach, dass Diabetes mellitus die Prävalenz für eine Degeneration der Zwischenwirbelscheiben erhöht und begründete dies mit verschiedenen, dem Diabetes zugrunde liegenden biochemischen Prozessen.⁷⁹ Der Grund dafür könnte aber ebenfalls in einer geringeren körperlichen Aktivität von Diabetes- und Hypertoniepatienten liegen, die auch als Ursache für degenerative Veränderungen an der Wirbelsäule diskutiert wird. Eine kürzlich von Kyoung-Tae Kim et al. veröffentlichte Studie legt darüber hinaus nahe, dass eine erfolgreiche chirurgische Therapie bei LSS den HbA1c-Spiegel senken und damit die Therapie des Diabetes mellitus positiv beeinflussen kann.⁸⁰ Eine Erklärung hierfür könnte die verbesserte Mobilität unter Schmerzreduktion nach erfolgreicher operativer Versorgung sein.

4.4 Präoperative Faktoren

Die Vorbehandlung bis zur Operation erfolgte bei den meisten Patienten ausschließlich mit physiotherapeutischen Methoden, was der Meinung von Kalff et al. entspricht, der die Physiotherapie als die Hauptsäule der konservativen Therapie der LSS bezeichnet.⁵ Dass kein Patient eine der Dekompression vorausgehende dokumentierte Facettengelenksinfiltration erhalten hatte, spiegelt die in der Literatur nicht eindeutig

belegte Effektivität und vor allem den geringen Langzeiterfolg dieser Behandlungsmethode wider.⁸¹

Was die bis zur chirurgischen Therapie verabreichten Schmerzmedikamente betrifft, wurden NSAR-Präparate am häufigsten eingenommen, gefolgt von Opiaten, jedoch weit weniger häufig. Dies entspricht dem von der WHO empfohlenen Stufenschema der Schmerztherapie. Allerdings legen Studien nahe, dass mit alternativen Analgetika wie trizyklischen Antidepressiva und Gabapentin, die in unserem Patientenkollektiv vor der OP kaum eine Rolle spielten, bei der Therapie der symptomatischen LSS ebenfalls gute Ergebnisse erzielt werden können.^{82,83} Von Pregabalin, bis zur Operation von nur 4,5% der Patienten eingenommen, berichten Takahashi et al., dass es einen günstigen Einfluss auf die Länge der Zeitspanne vom Auftreten erster Claudicatio-symptome bis zur Notwendigkeit einer chirurgischen Therapie habe.⁸⁴ Auch andere Studien haben den potenziellen therapeutischen Nutzen von Pregabalin, insbesondere bei neuropathischen Beinschmerzen festgestellt,⁸⁵ weshalb die häufigere Anwendung dieses Wirkstoffes bei entsprechender Symptomatik diskutiert werden sollte.

Radcliff et al. stellten fest, dass Patienten, die präoperativ mehr als 12 Monate unter den Symptomen einer Spinalkanalstenose litten, ein schlechteres operatives Ergebnis aufwiesen, als Personen, die bereits nach einer kürzeren Beschwerdedauer (<12 Monate) operiert wurden.⁸⁶ Dieser Zusammenhang konnte in der vorliegenden Studie nicht nachgewiesen werden ($p = 0,172$).

Die neurogene Claudicatio-symptomatik trat unter allen dokumentierten Beschwerden, die letztendlich zur Dekompressionsoperation führten, mit über 62% sehr häufig auf und bestätigt damit ihre enorme Wichtigkeit in der Diagnose der lumbalen Spinalkanalstenose. Die Messung der schmerzfreien Gehstrecke ist in der Literatur uneinheitlich realisiert worden. Zur Anwendung kommen die anamnestisch ermittelte, beschwerdefreie Restgehstrecke bzw. Restgehdauer, Laufband-Tests und andere standardisierte Laufstestungen.⁸⁷ In den präoperativen Arztbriefen war meist die anamnestisch ermittelte schmerzfreie Restgehstrecke dokumentiert worden. Die mediane beschwerdefreie Gehstrecke betrug 100 Meter. Zieht man die 2009 veröffentlichte Untersuchung von Okoro et al. in Betracht, in der nachgewiesen wurde, dass Patienten ihre maximale schmerzfreie Gehstrecke oft etwas überschätzen, kann man sogar von noch geringeren Distanzen ausgehen.⁸⁸ Damit liegt das mediane Restgehvermögen der vorgestellten Patienten etwas unter den in anderen Studien mit Hilfe eines Laufbandtestes ermittelten.^{21,89}

Parästhesien (59,7%) und Paresen (38,3%) waren die häufigsten neurologischen Symptome. Diese Zahlen stimmen mit der Untersuchung von Rainville et al. überein, die in ihrem Patientenkollektiv bei 58% der Patienten Sensibilitätsstörungen und bei

38% Beinschwächen festgestellt hatten.⁸⁷ Eine Erklärung für den deutlich höheren Anteil der sensorischen Beeinträchtigungen unter den neurologischen Symptomen könnte der größere Durchmesser motorischer Nervenfasern gegenüber sensorischen Nervenfasern und die damit verbundene höhere Widerstandsfähigkeit bei Kompression sein.

Obwohl das radiologische Ausmaß einer LSS oft keine zuverlässige Aussage über die Stärke und Ausprägung der Symptome geben kann, sondern hauptsächlich die Klinik als Entscheidung für oder gegen eine operative Versorgung dient⁹⁰, ist eine Bildgebung, ob in Form von MRT, Myelo-CT und Röntgen-Funktionsaufnahmen ein elementarer Bestandteil der Diagnostik einer Spinalkanalstenose. In der Literatur wird dazu oft der antero-posteriore Durchmesser des knöchernen Wirbelkanales gemessen. Allerdings gibt es zu dessen Normwerten unterschiedliche Angaben. Von einer Spinalkanalstenose wird deswegen in einigen Fällen erst ab 10-12mm sagittalem Wirbelkanal-Durchmesser gesprochen.^{91 92} Im klinischen Alltag spielen diese Zahlen bei der Diagnose der LSS eine untergeordnete Rolle und tauchen somit auch kaum in den für die aktuelle Studie verwendeten Befunden auf. Vielmehr wird das bildmorphologische Ausmaß einer Stenose oft in Form der Ausprägung der Kompression von Nervengewebe, also dem Zusammenhang zwischen knöcherner oder ligamentärer Enge und daraus resultierender Reststärke der Nervenfasern beschrieben, welche interindividuell unterschiedliche Ausmaße annehmen kann. Eine wichtige Rolle spielen in der Praxis die Anzahl und Höhe der von der Stenose betroffenen Segmente. In absteigender Häufigkeit war bildmorphologisch meist nur ein Segment betroffen (74,4%), gefolgt von 2 Segmenten (15,9%), 3 Segmenten (7,4%) und schließlich 4 Segmenten (2,3%). Zur gleichen Staffelung der Häufigkeiten bei etwas abweichenden Werten kommt auch der Spine Patient Outcomes Research Trial (SPORT).⁹³ In dieser Untersuchung, wie auch in der hier vorliegenden Studie, wird deutlich, dass die Höhe LWK 4/5 (90-99%) mit Abstand am häufigsten von einer LSS betroffen ist, gefolgt von LWK 3/4 (34-81%). Die übrigen Höhen sind in der Literatur uneinheitlich oft vertreten.⁹³ Der Grund für eine Häufung von Stenosen in diesem Bereich ist vermutlich sowohl der ohnehin kleinere Querschnitt des Wirbelkanals in diesem Bereich als auch die schräge Stellung der Gelenkflächen, die eher zu einer Pseudospondylolisthese mit anschließender Destabilisierung und reaktiver Stenose neigt als beispielsweise die eher koronar gestellten Gelenkflächen der Etage LWK 5/SWK 1.⁹⁴

Die Anzahl der Patienten mit Spondylolisthese war in der vorliegenden Studie möglicherweise wegen des Ausschlusses höhergradiger Gefügeverschiebungen mit

9,7% niedriger als die in der Literatur zu findende Prävalenz von 11,3% - 31% vermuten lassen könnte.^{95,96, 97}

4.5 Unilaterale Laminotomie

Die traditionelle Laminektomietechnik, bei der der gesamte dorsale Teil des Wirbelbogens samt Dornfortsatz entfernt wird, ist zwar effektiv, führt aber zu ausgedehnter Gewebeschädigung und erhöht die Wahrscheinlichkeit einer postoperativen Instabilität im betroffenen Bewegungssegment.^{34,59} Die bei der unilateralen Laminotomie entfernten Strukturen beschränken sich weitgehend auf die medialen Anteile der betroffenen Wirbelbögen, ohne dabei die Dornfortsätze, sowie die angrenzenden Interspinal-Bänder zu schädigen. Ebenso bleiben die Facettengelenke zum Großteil erhalten. Dadurch wird die Gesamtstabilität eines Bewegungssegmentes trotz Dekompression größtenteils aufrechterhalten, worauf später noch genauer eingegangen werden soll. Spetzger et al. zeigten weiterhin, dass durch Undercutting auch eine effektive Dekompression zur Gegenseite erreicht werden kann, ohne dass dabei neuronale Strukturen verletzt werden. Außerdem müssen am Wirbelbogen der Gegenseite ansetzende Muskeln nicht abgetrennt werden, was ebenfalls zur postoperativen Stabilität beiträgt.⁹⁸ Im Rahmen einer Metaanalyse konnten geringere Raten für Fusion und Reoperation, ein geringerer Progress einer vorbestehenden Spondylolisthese sowie eine höhere Patientenzufriedenheit der Laminotomie gegenüber der Laminektomie nachgewiesen werden.³⁵ Ein Vergleich zwischen unilateraler Laminotomie und bilateraler Laminotomie für eine beidseitige Dekompression ergab ein in etwa gleichwertig gutes Ergebnis beider Techniken, mit höherer postoperativer Stabilität und etwas niedrigeren Werten für Operationszeit und intraoperativen Blutverlust bei der unilateralen Laminotomie.⁵⁶ Außerdem zeigten Rahman et al., dass die unilaterale Laminotomie weniger schwerwiegende Komplikationen nach sich zieht.⁹⁹ Eine Metaanalyse von Thomé et al. konnte hingegen zwischen unilateraler Laminotomie und bilateraler Laminotomie keine signifikanten Unterschiede im klinischen Ergebnis nachweisen.¹⁰⁰

In der neurochirurgischen Klinik des UKGM Gießen ist die unilaterale Laminotomie zur bilateralen Dekompression seit Jahren das Standardverfahren bei lumbalen Spinalkanalstenosen. Die unilaterale Laminotomie zur unilateralen Dekompression (ohne Undercutting) kommt lediglich bei streng einseitigen Foramen- oder Rezessusstenosen zum Einsatz. Nukleotomien oder Sequesterektomien werden nur bei nach Dekompression weiterhin bestehender Einengung von neuralen Strukturen im Bereich der Bandscheiben durchgeführt. Die hier vorliegende Untersuchung zeigte

keinerlei Einfluss der Operationstechnik (unilaterale Laminotomie ohne oder mit Undercutting) auf die Reoperationsquote oder das klinische Langzeitergebnis.⁴

Bei den mikrochirurgischen Operationstechniken unterscheidet man die lange Zeit übliche Dekompression über einen subperiostalen, medianen Zugang von einem trans-muskulären, lateral der Mittellinie gelegenen tubulären Zugang mit Hilfe eines tubulären Retraktorsystems. Lee et al. wiesen in einer vergleichenden Analyse der aktuell angewandten mikrochirurgischen Dekompressionstechniken nach, dass trotz eines signifikant höheren Kreatinkinase-Spiegels nach der Operation über einen tubulären Zugang keine Unterschiede im Hinblick auf das Operationsergebnis zwischen den beiden Verfahren bestehe.¹⁰¹ Auch Ryang et al. konnten keine Vorteile eines der Verfahren bezüglich Blutverlust, Operationszeit und Komplikationsrate nachweisen.¹⁰² In einer anderen Studie wurden zwar ebenfalls keine signifikanten Unterschiede der beiden Zugänge bezüglich des Langzeitergebnisses nachgewiesen, jedoch geringere direkt postoperative Schmerzen und ein besseres klinisches Ergebnis zum Zeitpunkt der Entlassung für den tubulären Zugang, was auf eine geringere, anhaltende Gewebsverletzung hinweist.¹⁰³

4.6 Komplikationen

Die Komplikationsrate bis maximal 4 Wochen nach der Operation betrug 5,1%. Diese Quote liegt niedriger als Komplikationszahlen anderer Studien über das Operationsverfahren der unilateralen Laminotomie. Yang et al. ermittelten eine Komplikationsrate von 10,5% bei einem allerdings nur sehr kleinen Patientenkollektiv (n=2 bei 21 Patienten).⁵³ Eine Untersuchung mit einer ähnlich kleinen Gruppe von Patienten kam sogar auf 30% Operationen, bei denen Probleme auftauchten. (n=9 bei 27 Patienten)¹⁰⁴ Oertel et al. beschrieben eine Komplikationsrate von 9,8%⁵⁵, während Sobottke et al. in einer Studie mit 1764 Patienten, jedoch ohne Unterscheidung nach Dekompressionstechnik, eine Rate von 18,5% fanden.⁵⁰ In den meisten Studien wurde das Duraleck, eine während des Eingriffs verursachte Verletzung der Dura mit Austritt von Liquor, in die Zahl der Komplikationen einberechnet - oftmals sogar als häufigste Komplikation. Eine reine Verletzung der Dura wurde in der vorliegenden Untersuchung jedoch nicht als Komplikation gewertet, da heute davon ausgegangen wird, und das bestätigen auch die hier vorliegenden Daten, dass diese Art der Gewebsschädigung keinen Einfluss auf das Outcome oder die Reoperationsrate der Betroffenen hat, sofern sie noch während der Operation adäquat behandelt wird.^{61, 60} Die angemessene Behandlung beinhaltet einen ausreichenden Verschluss des Einrisses durch Naht und/oder Verklebung sowie ggf.

zusätzliche Bettruhe nach dem Eingriff. Ansonsten kann sich ein einfaches Duraleck zu gefährlichen Komplikationen wie Liquorzysten oder Zysten, Meningitiden oder Abszessen entwickeln.⁶¹ Bei der hier vorliegenden Untersuchung kam es bei 15 Patienten (8,5%) zu einer intraoperativen Verletzung, allerdings in keinem Fall zu einer postoperativen Liquorzyste. Diese Zahl ist übereinstimmend mit den 6,8% von Oertel et al.⁵⁵ bzw. den 9,8% von Munting et al.¹⁰⁵ und ist auch mit den Ergebnissen von Studien zur Laminektomie vergleichbar, bei denen die Rate der Duraverletzungen zwischen von 5,0% und 8,7% liegt.^{105,106} Schließt man die Zahl der Duralecks von der Gesamtzahl der aufgetretenen Probleme aus, bleiben in der Literatur Komplikationsraten zwischen 2,3%¹⁰⁵ und 18,5%¹⁰⁴. Die hier vorliegende Untersuchung lieferte eine im Verhältnis dazu recht niedrige Komplikationsquote von 5,1%. Die häufigste Operationskomplikation war ein bei 5 Patienten (2,8%) neu aufgetretenes neurologisches Defizit. Hierbei kam es in einem Fall zu einer Blasenentleerungsstörung, welche nach durchgeführter Revisionsoperation nicht mehr nachweisbar war. Bei 2 Patienten wurden neue Sensibilitätsstörungen im Dermatombereich der versorgten Segmente angegeben. Einer der Betroffenen gab nach einer Revisionsoperation keine Beschwerden mehr an. Bezüglich des anderen Patienten fanden sich nach Entlassung keine Nachuntersuchungsdaten mehr. Paresen, welche bei zwei Patienten transient auftraten, waren zum Zeitpunkt der Entlassung nur noch in geringerem Umfang und in den Folgeuntersuchungen gar nicht mehr nachweisbar. Bei einer Untersuchung von Kaymaz et al. wurde eine Rate neu aufgetretener, neurologischer Defizite direkt postoperativ von 2,5% dokumentiert.¹⁰⁶ Die Zahlen für Wundinfektionen oder Spondylodiszitiden sind bei der unilateralen Laminotomie mit Undercutting zur Gegenseite vermutlich aufgrund ihres kleineren Zugangs zum Operationsgebiet und der damit potenziell geringeren Eintrittspforte etwas niedriger als bei der Laminektomie und bewegen sich bei ersterer zwischen 0,5%¹⁰⁵ und 4,0%⁵⁷ und bei letzterer zwischen 1,7%¹⁰⁵ und 5,0%¹⁰⁶. Im Rahmen dieser Untersuchung entwickelte ein Patient eine behandlungsbedürftige Wundinfektion, was einer Rate von 0,6% entspricht.

Wiederkehrende oder gleichgebliebene Symptome innerhalb von 4 Wochen nach dem Eingriff im Vergleich zur präoperativen Situation sprechen für eine Reststenose infolge nicht ausreichender Dekompression, die bei 1,1% der Patienten auftrat. Diese Quote ist sehr gering und bestätigt die mittlerweile vorliegende Evidenz, dass auch mit Hilfe einer unilateralen Laminotomie eine beidseitige ausreichende Dekompression bei LSS erreicht werden kann.^{57,104}

Bei einem Patienten (0,6%) kam es postoperativ zu einer vermehrten Blutung mit Hämatombildung. Das Nachblutungsrisiko bei einer unilateralen Laminotomie mit oder

ohne Undercutting zur Gegenseite ist im Vergleich zur Laminektomie geringer. ^{56, 58} Dies lässt sich durch die ausgedehntere Gewebsschädigung durch das Absetzen der Muskulatur und den durch die fehlende Lamina größeren Totraum erklären, in welchen es zu Einblutungen kommen kann. Hierdurch lässt sich erklären, dass ein relevantes postoperatives Hämatom bei Laminektomien mit bis zu 6,2% ¹⁰⁶ deutlich häufiger auftritt als bei der hier vorliegenden Untersuchung.

Nur ein Patient entwickelte innerhalb von 4 Wochen nach der OP eine Instabilität im behandelten Segment und nur diese wurde auch den Komplikationen zugerechnet. Insgesamt aber war in 8 Fällen (4,5%) eine längerfristige Fusionsoperation aufgrund einer neu aufgetretenen postoperativen Instabilität notwendig. Die mittlere Zeit zwischen Ersteingriff und Fusions-Operation betrug 75,0 Wochen. In der von Oertel et al. durchgeführten Untersuchung zur unilateralen Laminotomie entwickelten 2,0% der Patienten mit der Zeit eine fusionsbedürftige Instabilität im operierten Segment. Allerdings wurden aus diesem Kollektiv alle an der Wirbelsäule voroperierten Patienten, sowie Personen mit nachgewiesener Mikroinstabilität und Wirbelsäulenfehlbildungen, wie Skoliose, ausgeschlossen. Rechnet man im Rahmen dieser Studie alle Patienten mit Spondylolisthese Meyerding ⁰ I und alle trotz präoperativer Instabilität ohne Fusion dekomprimierten Patienten heraus, erhält man eine Rate von 3,1% an instabilitätsbedingten Fusionsoperationen. Demgegenüber beträgt diese Quote 17,6% für Patienten mit Spondylolisthese Meyerding ⁰ I, wobei höhergradige Spondylolisthesen und auch die anderen oben genannten Faktoren, als Ausschlusskriterien dienen. Die Fusionsquote bei präoperativer Spondylolisthese ist somit zwar deutlich höher als bei Patienten ohne Wirbelgleiten, bei Laminektomien mit präoperativ vorhandener Spondylolisthese werden allerdings sogar Reoperationsraten wegen notwendiger Fusion von bis zu 54% ¹⁰⁷ angegeben. Bei der unilateralen Laminotomie hingegen wird mittlerweile davon ausgegangen, dass selbst bei einem vor der OP bestehenden, geringgradigen Abgleiten des Wirbels nach ventral, kein erhöhtes Risiko für eine verstärkte postoperative Instabilität besteht. ^{108, 109, 35} In einer von Schöller et al. durchgeführten Metaanalyse konnte eine geringere Progredienz einer vorher bestehenden, stabilen Spondylolisthese, sowie eine geringere Rate für sekundäre Fusionsoperationen als Ausdruck einer besseren Biomechanik nach unilateraler Laminotomie im Vergleich zu offener Laminektomie nachgewiesen werden.

35

4.7 Reoperationen

Eine große, retrospektive Studie von Jansson et al. mit 9664 Patienten ermittelte für die Laminektomie eine 10-Jahres Reoperationsrate von 11%, bei der Untersuchung

wurde jedoch kein Augenmerk auf eventuell begleitende Spondylolisthesen gelegt.¹¹⁰ In Studien zur unilateralen Laminotomie schwankt dieser Wert zwischen 2,7% bei einer mittleren Follow-Up-Zeit von allerdings lediglich 12 Monaten¹⁰⁵ und 27,5%.⁵⁵ Im Allgemeinen ist die Quote der erneuten Operationen bei Laminotomie in der Literatur mit der hier vorliegenden Rate von 17% vergleichbar.^{53,58, 111} Aufgrund der jeweils unterschiedlichen Indikationen wurde zwischen Revisionsoperationen (innerhalb der ersten 4 Wochen nach der primären Operation) und Reoperationen (später als 4 Wochen nach der OP und somit nicht mit Komplikationen assoziiert) unterschieden. Revisionsoperationen waren bei 2,8% der Patienten notwendig und wurden im Rahmen von Wundinfektionen, Nachblutungen, Reststenosen oder Instabilität durchgeführt.

Die im Folgenden als Reoperationen bezeichneten Eingriffe waren bei 14,2% der Patienten notwendig. Bei insgesamt 11,4% der Patienten wurden dabei erneut Stenosen dekomprimiert. Bei 5,1% aller Patienten mussten diese erneuten Eingriffe allein aufgrund von Rezidivstenosen im voroperierten Segment durchgeführt werden. Diese Zahl deckt sich annähernd mit den von Oertel et al. ermittelten 6,9%.⁵⁵ Postacchini et al. bescheinigten der Laminotomie eine unzureichende Effektivität der Dekompression gegenüber der Laminektomie⁵⁹. Allerdings ist diese Quote sowohl bei Laminotomien, als auch bei Laminektomien etwa gleich und im Rahmen des auch in dieser Untersuchung festgestellten Wertes.^{55,58,111,112} Aufgrund des degenerativen Charakters der lumbalen Spinalkanalstenose ist bei einem Großteil der Betroffenen mit einer früher oder später erneut einsetzenden knöchernen Stenosierung in anderen Segmenthöhen zu rechnen.¹¹³ Deyo et al. untermauern diese These, indem sie zeigten, dass die Re-Dekompressionsraten von 4,3% im ersten Jahr nach dem Eingriff auf bis zu 10,7% im vierten Jahr ansteigen.¹¹⁴ In der hier vorliegenden Untersuchung sanken die Reoperationszahlen über die Jahre. Weiterhin wurden nach anfänglich vor allem durchgeführten Dekompressionen des Index-Segmentes mehr als 2 Jahre nach der Operation vermehrt Dekompressionen anderer Level durchgeführt.

Auf die instabilitätsbedingten Fusionsoperationen unter den Reoperationen im Indexsegment wurde weiter oben bereits eingegangen. Bei immerhin 2,8% der Patienten wurde auf einer anderen Höhe oder aus anderen Gründen nach der Dekompression eine Fusionsoperation durchgeführt. Da diese aufgrund von Akutereignissen wie Stürzen oder anderen zur Instabilität führenden Traumata notwendig wurden und somit nicht zwangsläufig in direktem Zusammenhang mit der Dekompressionsoperation stehen, soll darauf nicht weiter eingegangen werden.

Einige wenige Studien beschäftigen sich mit prognostischen Faktoren, die nach einer Dekompressionsoperation bei lumbaler Spinalkanalstenose die Notwendigkeit für eine

Reoperation begünstigen. Eine kürzlich veröffentlichte Studie im Rahmen des Spine Patient Outcomes Research Trial (SPORT) identifizierte als einzigen Risikofaktor für eine Reoperation eine Symptombdauer von > 12 Monaten bis zum Ersteinriff und begründete diesen Zusammenhang mit einer geringeren Verbesserung der Symptome bei Dekompression nach längerer präklinischer Beschwerdedauer.¹¹¹ Diese Ergebnisse konnten im Rahmen der hier vorliegenden Untersuchung nicht reproduziert werden. Bei der logistischen Regressionsanalyse unseres Patientenkollektivs wurden hingegen Voroperationen im Bereich der LWS als unabhängiger Prädiktor für Reoperationen identifiziert, was wiederum ein Hinweis darauf sein könnte, dass sich die degenerativen Prozesse im Bereich der Lendenwirbelsäule durch chirurgische Intervention sogar verstärken könnten.

4.8 Relevanz der degenerativen Spondylolisthese

Eine kürzlich von Blumenthal et al. durchgeführte Studie zeigt, dass es bei präoperativer Spondylolisthese Meyerding °I, einem Wirbelgleiten > 1,25 mm, einer Bandscheibenhöhe > 6,5mm und einem Facettenwinkel > 50° häufiger zu Reoperationen wegen Instabilität nach Dekompressionseingriffen kommt.¹⁰⁷ In der hier vorliegenden Untersuchung zeigt sich eine etwas höhere Rate für sekundäre Fusionsoperationen bei Patienten mit stabiler, leichtgradiger (Stadium I) Spondylolisthese (17,6% vs. 3,1% bei Patienten ohne Wirbelgleiten). Auch reine Re-Dekompressionen waren laut der hier vorliegenden Daten bei Patienten mit präoperativ diagnostizierter Spondylolisthese °I (17,4%) häufiger als bei Patienten ohne Wirbelgleiten (5,7%).⁴ Der Grund hierfür konnte bisher noch nicht zweifelsfrei geklärt werden. Ein mikroinstabilitätsbedingtes, reaktives Knochenwachstum wäre ebenso denkbar wie eine aufgrund der technisch schwierigeren Dekompression bei Spondylolisthese verbliebene Residualstenosierung. Weitere Studien zu dieser Frage könnten hier Klarheit schaffen.

4.9 Klinische Ergebnisse

Ein gutes postoperatives Gesamtergebnis direkt nach Entlassung zeigte sich bei 92,2% der Patienten. Dieser Wert sinkt zur ersten Nachuntersuchung 2 Monate nach der Operation auf 88,4% ab. Letzterer Wert ist zum Teil höher als in anderen Studien. Untersuchungen zur direkt postoperativen Symptomentwicklung sind allerdings rar, da zu diesem Zeitpunkt noch zu viele unberechenbare Faktoren einen Einfluss auf das

Ergebnis haben. Dazu gehören Schmerzmedikation und Immobilisation während des stationären Krankenhausaufenthaltes sowie lokale Wundschmerzen, die die postoperativen Ergebnisse beeinflussen können. Oertel et al. kamen auf eine Quote von 97,7% der Patienten, bei denen sich 3 Monate nach Dekompression durch Laminotomie eine Symptomverbesserung eingestellt hatte.⁵⁵ Weiner und Walker ermittelten in ihrer Studie zur Laminotomie ein gutes Ergebnis bei 87% der Patienten nach 9 Monaten.¹¹⁵ Javid et al. kamen nach Laminektomie auf eine Erfolgsrate von 88,1 % nach 6 Wochen und 86,7% nach 6 Monaten.¹¹⁶ Insofern sind die o.g. 88,6% mit den anderen Werten vergleichbar.

Im Einzelnen betrachtet ist die Verbesserung der Rückenschmerzen im kurzfristigen Verlauf am niedrigsten. Nach 2 Monaten lag der Prozentsatz für ein gutes Ergebnis für die Rückenbeschwerden bei 82,9%. Im Vergleich dazu fand sich zu diesem Zeitpunkt bei den Beinschmerzen bzw. der Claudicatio-symptomatik ein gutes Ergebnis bei 89,0% bzw. 92,7% der Fälle. Dass sich Rückenschmerzen durch Dekompressionsoperationen, unabhängig davon, welche Technik gewählt wird, schlechter beeinflussen lassen als die Claudicatio- und radikuläre Symptomatik, zeigte schon Postacchini.⁵⁹ Auch Yang et al. berichteten in ihrem Kollektiv von persistierenden Rückenschmerzen im Vergleich zu postoperativ deutlicher zurückgehenden Werten für Beinschmerzen und den Symptomen der Claudicatio spinalis.⁵³ Als Grund dafür wird in der Literatur eine Mikroinstabilität bzw. Hypermobilität in den betroffenen Segmenten genannt.^{53,117,118} Ein weiterer Erklärungsansatz für die persistierenden Rückenbeschwerden auch nach Dekompressionsoperationen ist, dass sie sich im Verlauf einer LSS oft als erstes Beschwerden bemerkbar machen, unter Umständen Jahre bevor es zu weiteren Symptomen wie radikulär einschießenden Schmerzen oder einer Claudicatio-symptomatik kommt.¹⁰ Diese über einen langen Zeitraum bestehenden Rückenschmerzen können, auch ohne physisch bestehende Schmerzkomponente, zu einer Schmerzantizipation führen, die unter anderem dazu führt, dass unangenehme Positionen unbewusst durch Haltungsveränderungen entgegengewirkt wird.¹¹⁹ Diese wiederum können zu persistierenden Fehlhaltungen mit Muskelhypertrophien und Muskelhypotrophien des Antagonisten führen und damit erneute physische Schmerzen induzieren. Bleiben diese Fehlhaltungen nach einer Dekompressionsoperation bestehen, könnte ein Verbesserung der Rückenschmerzen dadurch ausbleiben. Zu berücksichtigen ist jedoch weiterhin, dass Rückenschmerzen ein sehr unspezifisches Symptom sind und durch diskogene Pathologien, Osteochondrosen, sagittale Imbalance, sowie muskuläre Fehlfunktionen und andere Umstände auslösbar sind.

Da für das Langzeitergebnis lediglich Daten von 48 Patienten vorhanden waren, ist die Interpretation des klinischen Ergebnisses etwas kritischer zu betrachten als zu den früheren Nachuntersuchungszeitpunkten. Die Daten der hier präsentierten Langzeitergebnisse wurden im Median 27,7 Monate, also 2 Jahre nach dem Eingriff erhoben. Weil es einige Studien gibt, die nach Dekompressionsoperationen diesen Zeitraum nach der OP näher beleuchten, soll trotz der möglicherweise eingeschränkten Aussagekraft weiter auf das 2-Jahres-Outcome eingegangen werden.^{46,120-122} Palmer und Davis berichten von einer Patientenzufriedenheit von 80% nach 27 Monaten.¹²² Arai et al. ermittelten nach einer Follow-up-Zeit von 2 Jahren nach unilateraler Laminotomie ähnliche Werte. Die Behandlung der Rückenschmerzen war in 78,4% der Fälle effektiv. Bei der Claudicatio waren es 80,9%.¹²¹ Vermutlich aufgrund einer relativ großen Zeitspanne der hier vorliegenden Ergebnisse mit einem Minimum von 12,3 Monaten und einem Maximum von 94,7 Monaten ist das klinische Ergebnis etwas schlechter als bei den oben angegebenen Studien. Ein gutes Ergebnis bei den Rückenschmerzen wurde nur bei 58% der Patienten erreicht. Immerhin 68% waren es bei der Claudicatio spinalis. Das Gesamtergebnis, gemittelt aus den guten Werten der Einzelsymptome lag bei 61% und damit genauso hoch wie bei einer von Yang et al. veröffentlichten Studie, in der ein exzellentes bis mittelmäßiges Outcome bei 61% der Patienten nach 4 Jahren bei einer Spanne von 36 bis 69 Monaten gezeigt wurde. Persistierende Rückenschmerzen schmälern in Yangs Studie in ähnlicher Art und Weise das Gesamtergebnis.⁵³ Neben der längeren Nachuntersuchungszeit bildet die recht hohe Rate an Re-Stenosierungen in der Bildgebung von 24,0% aller in die Langzeitergebnisse eingeschlossenen Patienten der hier vorliegenden Studie eine weitere Erklärung für das klinische Ergebnis.

Bisher gibt es wenige Untersuchungen, die das Langzeitergebnis mehr als 5 Jahre nach Dekompression bei lumbaler Spinalkanalstenose thematisieren. Lurie und Chang bescheinigten dem Verfahren dabei eine auf lange Sicht nachlassende Effektivität. Atlas zeigte sogar einen ähnlichen Langzeiteffekt von Dekompressionsoperationen bei Rückenschmerzen wie durch nicht-chirurgische Therapie,^{23,123, 124} während Iguchi et al. auch 10 Jahre und Micankova Adamova auch 7 Jahre postoperativ noch von einer ausreichenden Besserung berichten.^{125, 126} Aber schon innerhalb des 5-Jahreszeitraumes gibt es unterschiedliche Ergebnisse bezüglich des Langzeitnutzens von Dekompressionsoperationen. Einige Studien kamen zu ausgesprochen guten Resultaten, auch noch mehrere Jahre nach dem Eingriff,^{55,57} während andere, unabhängig von der zur Anwendung kommenden Operationstechnik, einen nachlassenden Erfolg beobachteten.^{24,127} Im Rahmen der bereits erwähnten SPORT-Untersuchung wurde der klinische Verlauf von Dekompressionspatienten mit dem von

nicht operativ versorgten Patienten über die Dauer von 8 Jahren verglichen. Dabei zeigte sich eine Annäherung der beiden Gruppen im Laufe der Zeit.¹²³ Mit 47,2% gutem Ergebnis nach Operation in Bezug auf die neurogene Claudicatio-Symptomatik nach 6 Jahren im Vergleich zu 98,3% zum Zeitpunkt der Entlassung, 92,7% nach 2 Monaten und 68% nach 27 Monaten wird diese Tatsache durch die Ergebnisse der hier vorliegenden Untersuchung bestätigt.

4.10 Neurologische Befunde

In Bezug auf die neurologischen Symptome, wie Paresen und Sensibilitätsausfälle, zeigte sich im Rahmen dieser Untersuchung in lediglich 84,1% der Fälle ein gutes Ergebnis zum Zeitpunkt der Entlassung. 2 Monate nach dem Eingriff berichteten 89,0% der Patienten von einem guten Ergebnis. Wenn man in Betracht zieht, dass es im Falle von Paresen und Sensibilitätsausfällen aufgrund starker Kompression der Nervenwurzeln schnell zu einer irreversiblen Schädigung derselben kommt¹², ist das im Vergleich zu Rücken-, Beinschmerzen und Claudicatio-Symptomatik deutlich schlechtere Outcome postoperativ, genauso wie im Rahmen des Kurzzeitergebnisses, nachvollziehbar. Die Erholung der neurologischen Symptome ist stark abhängig von der Dauer und dem Ausmaß der neurologischen Schädigung vor der Operation. Zudem spielen Vorerkrankungen wie Diabetes mellitus in Hinblick auf die Regeneration von geschädigten Neuronen eine wichtige Rolle. Patienten mit Diabetes mellitus wurden laut Arinzon et al. häufiger und schneller reoperiert als Nicht-Diabetiker.¹²⁸

4.11 Prädiktive Faktoren

In der Literatur findet sich eine Vielzahl an Studien zu unabhängigen Prädiktoren und prognostischen Faktoren für das Ergebnis nach Dekompressionsoperationen bei LSS beeinflussen sollen.^{126,129-134} Bei einer Metaanalyse von 21 Artikeln fanden Aalto et al. einen Zusammenhang zwischen einer besseren postoperativen Laufleistung und jüngerem Alter bzw. männlichem Geschlecht.¹³³ Dass im Rahmen der hier vorliegenden Studie höheres Alter und weibliches Geschlecht als unabhängiger prognostischer Faktor für ein schlechteres Langzeitergebnis aufgezeigt wurden, bestätigen Aaltos Ergebnisse. Eine andere Untersuchung des gleichen Autors identifizierte vorangegangene chirurgische Eingriffe an der Lendenwirbelsäule als einen Faktor, der mit der Unzufriedenheit über das Operationsergebnis korrelierte.¹³² Die hier präsentierten Daten lassen nicht erkennen, dass Voroperationen an der LWS

als unabhängiger Einflussfaktor für ein schlechtes Outcome zu werten sind. Während eine Symptombdauer > 12 Monate von Radcliff et al. und Aalto et al. als prognostischer Faktor für ein schlechteres Outcome identifiziert wurde,^{86,132} schien sie in dieser Studie zwar im Rahmen der univariaten Analyse mit einem schlechten Langzeitergebnis assoziiert zu sein, in der multivariaten Analyse konnte die Symptombdauer allerdings nicht als unabhängiger Prädiktor bestätigt werden. Der Raucherstatus, dessen Abwesenheit von Aalto et al. als Einflussfaktor für ein gutes Outcome gewertet wurde,¹³² zeigte sich auch bei der hier vorliegenden Untersuchung als Prädiktor für ein schlechtes Langzeitergebnis. Dies sollte im Rahmen der OP-Vorbereitung und Aufklärungsgespräche klar mit dem Patienten kommuniziert werden. Einige Autoren zeigten, dass Depressionen und andere psychische Erkrankungen in der Vorgeschichte einen schlechten Einfluss auf das postoperative Ergebnis haben.^{133,134} McKillop et al. fanden im Rahmen einer Metaanalyse zwar einen solchen Zusammenhang hinsichtlich der Schmerzen, allerdings lediglich im kurzfristigen Verlauf von maximal 6 Monaten. Auf die Gehfähigkeit konnte er jedoch keinen eindeutigen Einfluss von präoperativ diagnostizierter Depression eruieren.¹²⁹ In der hier vorliegenden Untersuchung konnte kein solcher Zusammenhang hergestellt werden. Einige Studien legen nahe, dass Adipositas bzw. ein BMI > 30kg/m² einen ungünstigen Einfluss auf das postoperative klinische Ergebnis hat.^{131,134} Es zeigte sich ein bei Adipositas ein erhöhtes Risiko (p = 0,018) für ein schlechtes Ergebnis bezüglich der Claudicatio-Symptomatik im Langzeitverlauf. Allerdings gibt es auch einige Untersuchungen, die keinen Zusammenhang zwischen Adipositas und einem schlechten Outcome nach chirurgischer Intervention identifizieren konnten und damit zu dem Schluss kommen, dass das Körpergewicht nicht in den Entscheidungsprozess für oder gegen eine Operation einfließen sollte.¹³⁵

Die meisten der o.g. Untersuchungen beleuchten Einflussfaktoren und Prädiktoren lediglich für eine eher kürzere Nachbeobachtungszeit < 5 Jahre nach Dekompression. Allein Adamova et al. identifizierten als unabhängige prognostische Faktoren für ein schlechtes Langzeitergebnis 7 Jahre nach Operation elektrophysiologische und nicht klinische Zeichen (polyradikuläre Beteiligung im EMG und H-Reflex-Amplitude von 2.8mV oder weniger).¹²⁶ Im Gegensatz dazu wurden im Rahmen dieser Studie höheres Alter, weibliches Geschlecht, Adipositas und Nikotinkonsum allesamt als unabhängige Prädiktoren für ein schlechtes Ergebnis 6 Jahre nach unilateraler Laminotomie mit oder ohne Undercutting zur Gegenseite identifiziert. Dieser Umstand könnte in Zukunft dazu beitragen, eine realistische Einschätzung über das wahrscheinliche Ergebnis bei mikrochirurgischen Dekompressionsoperationen bei lumbaler Spinalkanalstenose noch vor dem Eingriff zu treffen. Aber auch ein möglicher

Beitrag des Patienten zum Therapieerfolg durch Verbesserung potentiell modifizierbarer Faktoren sollte im Vorfeld besprochen werden.

4.12 Fragebogen

Mit im Mittel 74,6 Monaten nach Dekompression bilden die Daten aus dem Fragebogen ein gutes Langzeitergebnis ab, was nur von wenigen Studien übertroffen wird.¹²⁵ Der ODI-Score wird oft in der Literatur zur Quantifizierung der Einschränkungen durch eine lumbale Spinalkanalstenose verwendet, fand zum Zeitpunkt der Datenerhebung jedoch im klinischen Alltag in der Neurochirurgie des Uniklinikums Gießen noch kaum Anwendung. Aufgrund des retrospektiven Charakters dieser Untersuchung ist also kein Vergleich zwischen präoperativen und postoperativen ODI-Werten möglich. Stattdessen soll im Folgenden versucht werden, einen Vergleich zwischen den ODI-Werten des Fragebogens mit den ODI-Werten nach einem vergleichbar langem Follow-Up-Zeitraum in anderen Studien herzustellen. Anjarwalla erreichte im Rahmen von Hemilaminektomieoperationen nach einem präoperativen ODI von knapp 50 einen 5-Jahres-Wert von knapp über 40.¹²⁷ Çavuşoğlu stellte präoperativ einen mittleren ODI von lediglich 29,6 und 4-7 Jahre nach Laminotomie von 12,4 fest. Dieser präinterventionelle Wert scheint allerdings relativ gering im Vergleich zu in anderen Studien bei LSS vor der OP eruierten ODI-Werten. Je nach Ausmaß der Stenose und Grad der Degeneration wurden von Kim et al. präoperative Scores zwischen 38,8 und 50,9 ermittelt.⁹⁰ Auch andere Autoren dokumentierten für lumbale Spinalkanalstenosen vor der Dekompression ODI-Werte in diesem Bereich.^{132,136,137} Von Caralopoulos (57,0) und Kaymaz (74,3) wurden sogar noch höhere präoperative ODI-Daten erfasst.^{64,106} Vor diesem Hintergrund erscheint der aus den Fragebogen im Mittel errechnete ODI-Score von 30,5 (+/- 21,7), was einer „moderaten Einschränkung durch Schmerzen“ entspricht (s.o.), als später Follow-Up-Marker im Mittel über 6 Jahre nach Dekompression durchaus plausibel. Auch die visuellen Analogskalen bezüglich der Rücken- und Beinschmerzen bieten bei fehlenden präoperativen Daten zwar keine Vergleichsmöglichkeit, dennoch lässt sich aus diesen entnehmen, dass Rückenschmerzen etwas häufiger vertreten sind als Beinschmerzen und dass lumbale Beschwerden im Mittel etwas stärker empfunden werden als die in den Beinen. Das wiederum bestätigt das weiter oben bereits thematisierte Problem der zurückbleibenden Besserung der Rückenschmerzen im Vergleich zu den anderen Symptomen auch mehrere Jahre nach der Operation, was auch von Iguchi et al. im Rahmen einer Langzeit-Follow-Up-Untersuchung von 10 Jahren bestätigt wurde.¹²⁵ Insgesamt gaben 44,5% aller Befragten in den Fragebogen

an, regelmäßig Analgetika einzunehmen und damit weniger als noch vor der Operation, wo die Quote bei 48,3% lag. Es liegt somit nahe, dass mit dem Konsum von Schmerzmedikamenten auch deren Bedarf aufgrund weniger schmerzgeplagter Patienten zurückgegangen ist, allerdings stieg der Anteil starker Analgetika (Opiate) mit 6,8% vor der Operation auf 17,4% zum Zeitpunkt der Fragebogenerhebung an. Aufgrund der Multimorbidität des Patientenkollektivs und dem langen Follow-Up Zeitraum kann die Schmerzmedikation jedoch nicht alleine durch LSS-bedingte Schmerzen erklärt werden, außerdem besteht zum Zeitpunkt der Diagnosestellung und Operation oftmals keine adäquate Schmerztherapie, weshalb an dieser Stelle hierauf nicht weiter eingegangen werden soll.

Alles in Allem scheint sich die Lebensqualität auch auf längere Sicht auf einem guten bis akzeptablen Niveau zu befinden, wenn man den Gesundheitszustand, gemessen in Anlehnung an den EQ5D-Score, mit im Mittel 6,1 von maximal möglichen 10 Punkten betrachtet. Dass mehr als die Hälfte der befragten Patienten angab, keine Schmerzmedikamente einzunehmen spricht für einen weiterhin anhaltenden positiven Effekt der Dekompressionsoperation. Dies gilt besonders, wenn man berücksichtigt, dass das mediane Alter zum Zeitpunkt der Fragebogen-Analyse mit 76 Jahren recht hoch war und somit auch andere altersbedingte Erkrankungen bei der Einschätzung des allgemeinen Gesundheitszustandes eine Rolle spielen könnten.

5 Zusammenfassung

Die unilaterale Laminotomie zur bilateralen Dekomprimierung ist ein anerkanntes Verfahren zur Dekompression bei lumbaler Spinalkanalstenose. Gegenüber der offenen chirurgischen Laminektomie bietet dieses Verfahren eine bessere Stabilität

und geringere Komplikationsraten bei vergleichbaren klinischen Ergebnissen. Bisher gibt es kaum Untersuchungen zu Langzeitergebnissen bzw. diese beeinflussende Prädiktoren. Das Hauptaugenmerk der vorliegenden Arbeit liegt daher neben den Kurzvor allem auf den Langzeitergebnissen dieser Operationstechnik sowie auf prognostischen Faktoren, die einen Einfluss auf das klinische Ergebnis oder die Reoperationsrate haben. Von 360 Patienten mit lumbaler Spinalkanalstenose, welche zwischen Januar 2005 und Dezember 2010 in der Neurochirurgie des Uniklinikums Gießen mit Hilfe einer unilateralen Laminotomie mikrochirurgisch dekomprimiert wurden, konnten 176 Patienten in die Datenanalyse eingeschlossen werden. Retrospektiv wurden anhand der Patientendokumentation und eines Fragebogens prä- sowie postoperative Daten über einen medianen Langzeitverlauf von 76 Monaten erhoben, um adäquate Aussagen über die Reoperationsrate, Komplikationen, prognostische Faktoren und klinische Langzeitergebnisse, insbesondere die Claudicatio-symptomatik treffen zu können. Die initial im kurzfristigen Verlauf guten bis sehr guten Resultate (92,7%) unmittelbar nach Dekompression und bis zu einem Jahr danach, wichen im Laufe der Zeit einer offensichtlich nachlassenden Zufriedenheit der Patienten. 6 Jahre nach der Operation berichteten nur noch lediglich 47,3% der Patienten über ein gutes Ergebnis im Hinblick auf die Claudicatio-symptomatik. Re-Operationen waren in 17% der Fälle vor allem aufgrund von residuellen oder erneuten spinalen Stenoseierungen notwendig. Die Stabilität der Wirbelsäule scheint jedoch nach der mikrochirurgischen Laminotomie über einen unilateralen Zugang intakt zu bleiben, bei nur einer geringen Rate von 3,1% von im Anschluss notwendig gewordenen Fusionsoperationen in der betroffenen Segmenthöhe. Ein unabhängiger Prädiktor für eine Reoperation war eine Voroperation im Bereich der LWS, während eine geringgradige Spondylolisthese Meyerding [°]I keinen signifikanten Risikofaktor für eine erneute Operation darstellte. Als unabhängige, prädiktive Faktoren, welche einen negativen Einfluss auf das Langzeitergebnis hatten, wurden höheres Alter, weibliches Geschlecht, sowie Adipositas und Nikotinkonsum identifiziert. Besonders die beiden letzteren, modifizierbaren Faktoren sollten bei der Beratung der Patienten vor der Operation angesprochen werden.

6 Conclusion

Bilateral decompression via unilateral laminotomy is a generally acknowledged procedure to surgically treat lumbar spinal stenosis. In contrast to open laminectomy this procedure ensures a better stability and fewer complications with comparable clinic outcomes. So far there were no studies concerning long term outcome and predictive

factors affecting the latter. For this reason the main focus of this dissertation lies on short- and long term outcome as well as prognostic variables which have an impact on clinical effects and the reoperation rate of this method. Of 360 patients with lumbar spinal stenosis who underwent microsurgical operation via unilateral laminotomy between January 2005 and December 2010 at the neurosurgical department of University Hospital Gießen 176 were eligible for inclusion. Discharging letters, operation and outpatient documentation and a specially developed questionnaire were used to retrospectively collect data over a period of 76 months to present results regarding clinical long term outcome, reoperation rate, complication rate and prognostic factors. The initially very good results (92.7%) taken directly after decompression until one year post-treatment gave way to weakening effects regarding patient satisfaction over time. Six years after operation only 47.3% benefitted of decompression regarding neurogenic claudication symptoms. Reoperations were necessary in 17% of the cases because of residual or recurring stenosis in spinal segments. Stability of the spine however seems to stay intact after microsurgical decompression via unilateral laminotomy. Fusion rate due to instability after reoperation in the earlier decompressed segment was 3.1%. An independent prognostic factor for reoperation was a previous operation in the lumbar spine whereas there was no significant increased rate of reoperations in patients with low-grade Spondylolisthesis Meyerding °I. Predictive factors for a negative long term outcome were higher age, female gender, obesity and nicotine consumption. Especially the last two factors are modifiable and should be discussed with the patient before an operation.

7 Literaturverzeichnis

1. Thomé C, Börm W, Meyer F. Degenerative Lumbar Spinal Stenosis. Dtsch Arztebl Int 2008;105(20):373–9.

2. Yabuki S, Fukumori N, Takegami M. Prevalence of lumbar spinal stenosis, using the diagnostic support tool, and correlated factors in Japan: a population-based study. *J Orthop Sci* 2013; 18(6):893–900.
3. Sheehan JM, Shaffrey CI, Jane JA. Degenerative lumbar stenosis: the neurosurgical perspective. *Clin Orthop Relat Res* 2001; (384):61–74.
4. K. Schöller, T. Steingrüber, M. Stein, J. Pons-Kühnemann EU. Unilateral micro-laminotomy for decompression of lumbar spinal canal stenosis: Reoperations, long-term outcome, and predictive factors. *Acta Neurochir* 2016; (158), 1103-1113 (2016).
5. Kalff R, Ewald C, Waschke A, Gobisch L, Hopf C. Degenerative lumbar spinal stenosis in older people: current treatment options. *Dtsch Arztebl Int* 2013; 110(37):613–23.
6. Alam MM, Waqas M, Shallwani H, Javed G. Lumbar Morphometry : A Study of Lumbar Vertebrae from a Pakistani Population Using Computed Tomography Scans. *Asian Spine J* 2014;0–5.
7. Amonoo-Kuofi HS. The sagittal diameter of the lumbar vertebral canal in normal adult Nigerians. *J Anat* (1985), 140, 1 1985;69–78.
8. Schiebler TH, Korf H-W. Anatomie, Histologie, Entwicklungsgeschichte, makroskopische und mikroskopische Anatomie, Topographie. In: Springer 2007. p. 916.
9. Strömqvist B, Fritzell P, Hägg O, Jönsson B. The Swedish Spine Register: development, design and utility. *Eur Spine J* 2009; 18 Suppl 3:294–304.
10. Krämer R, Theodoridis T, Krämer J. Die lumbale Spinalkanalstenose, Springer; 2012.
11. Fardon DF, Williams AL, Dohring EJ, Murtagh FR, Gabriel Rothman SL, Sze GK. Lumbar disc nomenclature: version 2.0. *Spine J* 2014; 14(11):2525–45.
12. Kobayashi S. Pathophysiology, diagnosis and treatment of intermittent claudication in patients with lumbar canal stenosis. *World J Orthop* 2014; 5(2):134–45.
13. Alvarez JA, Hardy RH. Lumbar Spine Stenosis: A Common Cause of Back and Leg Pain. *Am Fam Physician* 1998;57(8):31–57.
14. L. Kalichman, R. Cole DK. Spinal stenosis prevalence and association with symptoms: The Framingham Study. *Spine J* 2012;29(7):997–1003.
15. R. Kothe, C. Ulrich LP. Die lumbale Spinalkanalstenose. *Orthopädie und Unfallchirurgie up2date* 2008.
16. Uesugi K, Sekiguchi M, Kikuchi S. Lumbar spinal stenosis associated with peripheral arterial disease: a prospective multicenter observational study. *J Orthop Sci* 2012; 17(6):673–81.
17. Igbinedion B, Akhigbe A. Correlations of Radiographic Findings in Patients with Low Back Pain. *Niger Med J* 2011; 52(1):28–34.
18. Tomkins-Lane C, Melloh M, Lurie J, et al. Consensus on the Clinical Diagnosis of Lumbar Spinal Stenosis: Results of an International Delphi Study. *Spine (Phila Pa 1976)* 2016; 41(15):1239–46.
19. Eberhardt K, Ganslandt O, Stadlbauer A. Verbesserte Magnetresonanzen-Myelografie durch Bildfusion. 2012;333–9.

20. Jönsson B, Annertz M, Sjöberg C, Strömqvist B. A prospective and consecutive study of surgically treated lumbar spinal stenosis. Part I: Clinical features related to radiographic findings. *Spine (Phila Pa 1976)* 1997; 22(24):2932–7.
21. Moon ES, Kim HS, Park JO. Comparison of the predictive value of myelography, computed tomography and MRI on the treadmill test in lumbar spinal stenosis. *Yonsei Med J* 2005;46(6):806–11.
22. Weinstein JN, Tosteson TD, Lurie J. Surgery versus Non-Operative Treatment for Lumbar Spinal Stenosis Four-Year Results of the Spine Patient Outcomes Research Trial (SPORT). 2010.
23. Chang Y, Singer DE, Wu YA. The effect of surgical and nonsurgical treatment on longitudinal outcomes of lumbar spinal stenosis over 10 years. *J Am Geriatr Soc* 2005; 53(5):785–92.
24. Malmivaara A, Slätis P, Heliövaara M. Surgical or nonoperative treatment for lumbar spinal stenosis? A randomized controlled trial. *Spine (Phila Pa 1976)* 2007; 32(1):1–8.
25. Amundsen T, Weber H, Nordal HJ, Magnaes B, Abdelnoor M, Lilleås F. Lumbar spinal stenosis: conservative or surgical management?: A prospective 10-year study. *Spine (Phila Pa 1976)* 2000;25(11):1424–35.
26. Zaina F, Tomkins-Lane C, Carragee E, Negrini S. Surgical Versus Nonsurgical Treatment for Lumbar Spinal Stenosis. *Spine (Phila Pa 1976)* 2016; 41(14):E857–68.
27. Aichmair A, Burgstaller JM, Schwenkglenks M, et al. Cost-effectiveness of conservative versus surgical treatment strategies of lumbar spinal stenosis in the Swiss setting: analysis of the prospective multicenter Lumbar Stenosis Outcome Study (LSOS). *Eur Spine J* 2017; 26(2):501–9.
28. Matsudaira K, Hara N, Oka H. Predictive factors for subjective improvement in lumbar spinal stenosis patients with nonsurgical treatment: A 3-year prospective cohort study. *PLoS One* 2016; 11(2):1–10.
29. Koh WU, Choi SS, Park SY. Transforaminal hypertonic saline for the treatment of lumbar lateral canal stenosis: a double-blinded, randomized, active-control trial. *Pain Physician* 2013; 16:197–211.
30. Turner JA, Comstock BA, Standaert CJ, et al. Can patient characteristics predict benefit from epidural corticosteroid injections for lumbar spinal stenosis symptoms? *Spine J* 2015; 15(11):2319–31.
31. Hooten WM, Mizerak A, Carns PE, Huntoon MA. Discitis after lumbar epidural corticosteroid injection: a case report and analysis of the case report literature. *Pain Med* 2006; 7(1):46–51.
32. Deyo R a, Mirza SK, Martin BI, Kreuter W, Goodman DC, Jarvik JG. Trends, major medical complications, and charges associated with surgery for lumbar spinal stenosis in older adults. *JAMA* 2010; 303(13):1259–65.
33. Wong AP, Shih P, Smith TR. Comparison of symptomatic cerebral spinal fluid leak between patients undergoing minimally invasive versus open lumbar foraminotomy, discectomy, or laminectomy. *World Neurosurg* 2014; 81(3–4):634–40.
34. Lee MJ, Bransford RJ, Bellabarba C. The effect of bilateral laminotomy versus laminectomy on the motion and stiffness of the human lumbar spine: a biomechanical comparison. *Spine (Phila Pa 1976)* 2010; 35(19):1789–93.

35. Schöller K, Alimi M, Cong G-T, Christos P, Härtl R. Lumbar Spinal Stenosis Associated With Degenerative Lumbar Spondylolisthesis: A Systematic Review and Meta-analysis of Secondary Fusion Rates Following Open vs Minimally Invasive Decompression. *Neurosurgery* 2017; 80(3):355–67.
36. Getty CJ, Johnson JR, Kirwan EO, Sullivan MF. Partial undercutting facetectomy for bony entrapment of the lumbar nerve root. *J Bone Joint Surg Br* 1981;63-B:330–5.
37. Poletti CE. Central lumbar stenosis caused by ligamentum flavum: unilateral laminotomy for bilateral ligamentectomy: preliminary report of two cases. *Neurosurgery* 1995; 37(2):343–7.
38. Son S, Kim WK, Lee SG, Park CW, Lee K. A comparison of the clinical outcomes of decompression alone and fusion in elderly patients with two-level or more lumbar spinal stenosis. *J Korean Neurosurg Soc* 2013; 53:19–25.
39. Ghogawala Z, Dziura J, Butler W, et al. Laminectomy plus Fusion versus Laminectomy Alone for Lumbar Spondylolisthesis. *N Engl J Med* 2016; 374(15):1424–34.
40. Rampersaud YR, Fisher C, Yee A. Health-related quality of life following decompression compared to decompression and fusion for degenerative lumbar spondylolisthesis: a Canadian multicentre study. *Can J Surg* 2014; 57(4):E126–33.
41. Inui T, Murakami M, Nagao N, et al. Lumbar Degenerative Spondylolisthesis - Changes in Surgical Indications and Comparison of Instrumented Fusion With Two Surgical Decompression Procedures. *Spine (Phila Pa 1976)* 2017; 42(1):E15–24.
42. Kang K, Rodriguez-olaverri JC, Schwab F, Hashem J, Razi A, Farcy JP. Partial Facetectomy for Lumbar Foraminal Stenosis. *Adv Orthop* 2014.
43. Resnick DK, Choudhri TF, Dailey AT. Guidelines for the performance of fusion procedures for degenerative disease of the lumbar spine. Part 9: fusion in patients with stenosis and spondylolisthesis. *J Neurosurg Spine* 2005; 2(6):679–85.
44. Burgstaller JM, Porchet F, Steurer J, Wertli MM. Arguments for the choice of surgical treatments in patients with lumbar spinal stenosis – a systematic appraisal of randomized controlled trials. *BMC Musculoskelet Disord* 2015; 16.
45. Kornblum MB, Fischgrund JS, Herkowitz HN. Degenerative lumbar spondylolisthesis with spinal stenosis: a prospective long-term study comparing fusion and pseudarthrosis. *Spine (Phila Pa 1976)* 2004; 29(7):726–33.
46. Beyer F, Yagdiran A, Neu P. Percutaneous interspinous spacer versus open decompression: A 2-year follow-up of clinical outcome and quality of life. *Eur Spine J* 2013;22:2015–21.
47. Siepe CJ, Heider F, Beisse R, Mayer HM, Korge A. Treatment of dynamic spinal canal stenosis with an interspinous spacer. *Oper Orthop Traumatol* 2010; 22(5–6):524–35.
48. Lønne G, Johnsen LG, Aas E, et al. Comparing Cost-effectiveness of X-Stop with Minimally Invasive Decompression in Lumbar Spinal Stenosis: A Randomized Controlled Trial. *Spine (Phila Pa 1976)* 2015;40(8):514–20.
49. Senker W, Meznik C, Avian A, Berghold A. Perioperative morbidity and complications in minimal access surgery techniques in obese patients with

- degenerative lumbar disease. *Eur Spine J* 2011; 20(7):1182–7.
50. Sobottke R, Aghayev E, Röder C. Predictors of surgical, general and follow-up complications in lumbar spinal stenosis relative to patient age as emerged from the Spine Tango Registry. *Eur Spine J* 2012; 21(2012):411–7.
 51. Tafazal SI, Sell PJ. Incidental durotomy in lumbar spine surgery: Incidence and management. *Eur Spine J* 2005; 14:287–90.
 52. Kalevski SK, Peev NA, Haritonov DG. Incidental Dural Tears in lumbar decompressive surgery: Incidence, causes, treatment, results. *Asian J Neurosurg* 2010; 5(1):54–9.
 53. Yang S-M, Park H-K, Chang J-C. Minimum 3-year outcomes in patients with lumbar spinal stenosis after bilateral microdecompression by unilateral or bilateral laminotomy. *J Korean Neurosurg Soc* 2013; 54(3):194–200.
 54. Sasaoka R, Nakamura H, Konishi S. Objective assessment of reduced invasiveness in MED. Compared with conventional one-level laminotomy. *Eur spine J* 2006; 15(5):577–82.
 55. Oertel MF, Ryang YM, Korinth MC, Gilsbach JM, Rohde V. Long-term results of microsurgical treatment of lumbar spinal stenosis by unilateral laminotomy for bilateral decompression. *Neurosurgery* 2006; 59(6):1264–9.
 56. Hong S-W, Choi KY, Ahn Y. A comparison of unilateral and bilateral laminotomies for decompression of L4-L5 spinal stenosis. *Spine (Phila Pa 1976)* 2011; 36(3):E172–8.
 57. Çavuşoğlu H, Kaya RA, Türkmenoglu ON. Midterm outcome after unilateral approach for bilateral decompression of lumbar spinal stenosis: 5-Year prospective study. *Eur Spine J* 2007; 16:2133–42.
 58. Liu X, Yuan S, Tian Y. Modified Unilateral Laminotomy for Bilateral Decompression for Lumbar Spinal Stenosis-Technical Note. *Spine (Phila Pa 1976)* 2013; 38(12):2–7.
 59. Postacchini F, Cinotti G, Perugia D, Gumina S. The surgical treatment of central lumbar stenosis. Multiple laminotomy compared with total laminectomy. *J Bone Joint Surg Br* 1993; 75:386–92.
 60. Desai A, Ball PA, Bekelis K. SPORT: Does Incidental Durotomy Affect Longterm Outcomes in Cases of Spinal Stenosis? *Neurosurgery* 2015; 76 Suppl 1:S57–63.
 61. Strömqvist F, Jönsson B, Strömqvist B. Dural lesions in decompression for lumbar spinal stenosis: Incidence, risk factors and effect on outcome. *Eur Spine J* 2012; 21:825–8.
 62. Mannion a. F, Junge A, Fairbank JCT. Development of a German version of the Oswestry Disability Index. Part 1: Cross-cultural adaptation, reliability, and validity. *Eur Spine J* 2006; 15:55–65.
 63. Davidson M, Keating JL. A comparison of five low back disability questionnaires: reliability and responsiveness. *Phys Ther* 2002; 82:8–24.
 64. Caralopoulos IN, Bui CJ. Minimally invasive laminectomy in spondylolisthetic lumbar stenosis. *Ochsner J* 2014; 14(1):38–43.
 65. Mannion a. F, Junge A, Grob D. Development of a German version of the Oswestry Disability Index. Part 2: Sensitivity to change after spinal surgery. *Eur Spine J* 2006; 15:66–73.

66. Fairbank JC, Couper J, Davies JB, O'Brien JP. The Oswestry low back pain disability questionnaire. *Physiotherapy* 1980; 66(8):271–3.
67. Nomura K, Yoshida M. Microendoscopic Decompression Surgery for Lumbar Spinal Canal Stenosis via the Paramedian Approach: Preliminary Results. *Glob spine J* 2012; 2(2):87–94.
68. Çavuşoğlu H, Türkmenoğlu O, Kaya RA. Efficacy of unilateral laminectomy for bilateral decompression in lumbar spinal stenosis. *Turk Neurosurg* 2007; 17:100–8.
69. Ishimoto Y, Yoshimura N, Muraki S. Prevalence of symptomatic lumbar spinal stenosis and its association with physical performance in a population-based cohort in Japan: The Wakayama Spine Study. *Osteoarthritis Cartilage* 2012; 20(10):1103–8.
70. Lee J, Lee S, Jang S, Ryu OH. Age-Related Changes in the Prevalence of Osteoporosis according to Gender and Skeletal Site: The Korea National Health and Nutrition Examination Survey 2008-2010. *Endocrinol Metab (Seoul, Korea)* 2013; 28:180–91.
71. Mensink GBM, Schienkiewitz A, Haftenberger M. Übergewicht und Adipositas in Deutschland: Ergebnisse der Studie zur Gesundheit Erwachsener in Deutschland (DEGS1). *Bundesgesundheitsblatt - Gesundheitsforschung - Gesundheitsschutz* 2013; 56:786–94.
72. He L, Wang YJ, Gong J. Prevalence and risk factors of lumbar spondylolisthesis in elderly Chinese men and women. *Eur Radiol* 2014; 24(2):441–8.
73. Kalichman L, Hodges P, Li L, Guermazi A, Hunter DJ. Changes in paraspinal muscles and their association with low back pain and spinal degeneration: CT study. *Eur Spine J* 2010; 19:1136–44.
74. Statistisches Bundesamt. Statistisches Bundesamt Mikrozensus - Fragen zur Gesundheit - Rauchgewohnheiten der Bevölkerung. 2013; 1–16.
75. Pakarinen M, Vanhanen S, Sinikallio S, et al. Depressive burden is associated with a poorer surgical outcome among lumbar spinal stenosis patients: A 5-year follow-up study. *Spine J* 2014; 14(10):2392–6.
76. Neuhauser H, Thamm M, Ellert U. Blutdruck in Deutschland 2008-2011: Ergebnisse der Studie zur Gesundheit Erwachsener in Deutschland (DEGS1). *Bundesgesundheitsblatt - Gesundheitsforschung - Gesundheitsschutz* 2013; 56(5–6):795–801.
77. Heidemann C, Scheidt-Nave C. Prävalenz, Inzidenz und Mortalität von Diabetes mellitus bei Erwachsenen in Deutschland – Bestandsaufnahme zur Diabetes-Surveillance. *J Heal Monit* 2017; 2(23):105–29.
78. Uesugi K, Sekiguchi M, Kikuchi S, Konno S. Relationship between lumbar spinal stenosis and lifestyle-related disorders: a cross-sectional multicenter observational study. *Spine (Phila Pa 1976)* 2013; 38(9):E540-5.
79. Alpantaki K, Kampouroglou A, Koutserimpas C, Effraimidis G, Hadjipavlou A. Diabetes mellitus as a risk factor for intervertebral disc degeneration: a critical review. *Eur Spine J* 2019; 28(9):2129–44.
80. Kim K-T, Cho D-C, Sung J-K, Kim CH, Kang H, Kim DH. Changes in HbA1c levels and body mass index after successful decompression surgery in patients with type 2 diabetes mellitus and lumbar spinal stenosis: results of a 2-year follow-up study. *Spine J* 2017; 17(2):203–10.

81. Marks RC, Houston T, Thulbourne T. Facet joint injection and facet nerve block: a randomised comparison in 86 patients with chronic low back pain. *Pain* 1992; 49(3):325–8.
82. Orbai A-M, Meyerhoff JO. The effectiveness of tricyclic antidepressants on lumbar spinal stenosis. *Bull NYU Hosp Jt Dis* 2010; 68(1):22–4.
83. Kasimcan O, Kaptan H. Efficacy of gabapentin for radiculopathy caused by lumbar spinal stenosis and lumbar disk hernia. *Neurol Med Chir (Tokyo)* 2010; 50:1070–3.
84. Takahashi N, Arai I, Kayama S. Therapeutic efficacy of pregabalin in patients with leg symptoms due to lumbar spinal stenosis. *Fukushima J Med Sci* 2014; 60(1).
85. Orita S, Yamashita M, Eguchi Y. Pregabalin for refractory radicular leg pain due to lumbar spinal stenosis: A preliminary prospective study. *Pain Res Manag* 2016.
86. Radcliff KE, Rihn J, Hilibrand A. Does the duration of symptoms in patients with spinal stenosis and degenerative spondylolisthesis affect outcomes?: analysis of the Spine Outcomes Research Trial. *Spine (Phila Pa 1976)* 2011; 36(25):2197–210.
87. Rainville J, Childs L a., Peña EB. Quantification of walking ability in subjects with neurogenic claudication from lumbar spinal stenosis - A comparative study. *Spine J* 2012; 12(2):101–9.
88. Okoro T, Qureshi A, Sell B, Sell P. The accuracy of assessment of walking distance in the elective spinal outpatients setting. *Eur Spine J* 2010; 19:279–82.
89. Barz T, Melloh M, Staub L. The diagnostic value of a treadmill test in predicting lumbar spinal stenosis. *Eur Spine J* 2008; 17:686–90.
90. Kim H-J, Suh B-G, Lee D-B. The influence of pain sensitivity on the symptom severity in patients with lumbar spinal stenosis. *Pain Physician* 2013; 16:135–44.
91. Kalichman L, Kim DH, Li L, Guermazi A, Hunter DJ. Computed tomography-evaluated features of spinal degeneration: prevalence, intercorrelation, and association with self-reported low back pain. *Spine J* 2010; 10(3):200–8.
92. Santiago F, Milena G, Herrera R, Romero P, Plazas P. Morphometry of the lower lumbar vertebrae in patients with and without low back pain. *Eur Spine J* 2001; 10:228–33.
93. Desai A, Bekelis K, Ball P a. Variation in outcomes across centers after surgery for lumbar stenosis and degenerative spondylolisthesis in the spine patient outcomes research trial. *Spine (Phila Pa 1976)* 2013; 38(8):678–91.
94. Antoniadis G, Kast E, Richter HP. Die lumbale spinalkanalstenose und ihre operative behandlung. *Nervenarzt* 1998; 69:306–11.
95. Leonid Kalichman, David H. Kim LL. Spondylolysis and spondylolisthesis: prevalence and association with low back pain in the adult community-based population. *Spine (Phila Pa 1976)* 2013; 34(2):199–205.
96. Anekstein Y, Smorgick Y, Lotan R. Diabetes mellitus as a risk factor for the development of lumbar spinal stenosis. *Isr Med Assoc J* 2010; 12(January):16–20.
97. Denard PJ, Holton KF, Miller J. Lumbar spondylolisthesis among elderly men: prevalence, Correlates and Progression. *Spine (Phila Pa 1976)* 2011;

- 35(10):1072–8.
98. Spetzger U, Bertalanffy H, Reinges MHT, Gilsbach JM. Unilateral laminotomy for bilateral decompression of lumbar spinal stenosis .2. Clinical experiences. *Acta Neurochir (Wien)* 1997; 139:397–403.
 99. Rahman M, Summers LE, Richter B, Mimran RI, Jacob RP. Comparison of techniques for decompressive lumbar laminectomy: the minimally invasive versus the “classic” open approach. *Minim Invasive Neurosurg* 2008; 51(2):100–5.
 100. Overvest GM, Jacobs W, Vleggeert-Lankamp C, Thomé C, Gunzburg R, Peul W. Effectiveness of posterior decompression techniques compared with conventional laminectomy for lumbar stenosis. *Cochrane Database Syst Rev* 2015.
 101. Lee CW, Yoon KJ, Ha SS, Zhou Y. Comparative analysis between three different lumbar decompression techniques (Microscopic, tubular, and endoscopic) in lumbar canal and lateral recess stenosis: Preliminary report. *Biomed Res Int* 2019; 2019(group M):5–12.
 102. Ryang Y-M, Oertel MF, Mayfrank L, Gilsbach JM, Rohde V. Standard open microdiscectomy versus minimal access trocar microdiscectomy. *Neurosurgery* 2008; 62(1):174–82.
 103. Lee GW, Jang S-J, Shin SM, Jang J-H, Kim J-D. Clinical and radiological outcomes following microscopic decompression utilizing tubular retractor or conventional microscopic decompression in lumbar spinal stenosis with a minimum of 10-year follow-up. *Eur J Orthop Surg Traumatol* 2014; 24(S1):145–51.
 104. Delank KS, Eysel P, Zöllner J. “Undercutting decompression” vs. laminectomy: Klinische und radiologische Ergebnisse einer prospektiv-kontrollierten studie. *Orthopade* 2002; 31:1048–56.
 105. Munting E, Röder C, Sobottke R. Patient outcomes after laminotomy, hemilaminectomy, laminectomy and laminectomy with instrumented fusion for spinal canal stenosis: a propensity score-based study from the Spine Tango registry. *Eur Spine J* 2014; 358–68.
 106. Kaymaz M, Borcek AO, Emmez H, Durdag E, Pasaoglu A. Effectiveness of single posterior decompressive laminectomy in symptomatic lumbar spinal stenosis: A retrospective study. *Turk Neurosurg* 2012; 22(6):430–4.
 107. Blumenthal C, Curran J, Benzel EC. Radiographic predictors of delayed instability following decompression without fusion for degenerative grade I lumbar spondylolisthesis. *J Neurosurg Spine* 2013; 18(April):340–6.
 108. Chang HS, Fujisawa N, Tsuchiya T, Oya S, Matsui T. Degenerative spondylolisthesis does not affect the outcome of unilateral laminotomy with bilateral decompression in patients with lumbar stenosis. *Spine (Phila Pa 1976)* 2014; 39(5):400–8.
 109. Dohzono S, Toyoda H, Matsumura A. Clinical and Radiological Outcomes after Microscopic Bilateral Decompression via a Unilateral Approach for Degenerative Lumbar. 2017; 0–8.
 110. Jansson KÅ, Németh G, Granath F, Blomqvist P. Spinal stenosis re-operation rate in Sweden is 11% at 10 years - A national analysis of 9,664 operations. *Eur Spine J* 2005; 14:659–63.

111. Radcliff K, Curry P, Hilibrand A. Risk for adjacent segment and same segment reoperation after surgery for lumbar stenosis: a subgroup analysis of the Spine Patient Outcomes Research Trial (SPORT). *Spine (Phila Pa 1976)* 2013; 38(7):531–9.
112. Rompe JD, Eysel P, Nafe JZB. Degenerative lumbar spinal stenosis - Long-term results after undercutting decompression compared with decompressive laminectomy alone or with instrumented fusion. *Neurosurg Rev* 1999; (22):102–6.
113. Postacchini F, Cinotti G. Bone regrowth after surgical decompression for lumbar spinal stenosis. *J Bone Joint Surg Br* 1992; 74:862–9.
114. Deyo RA, Martin BI, Kreuter W, Jarvik JG, Angier H, Mirza SK. Revision surgery following operations for lumbar stenosis. *J Bone Joint Surg Am* 2011; 93(21):1979–86.
115. Weiner BK, Walker M, Brower RS, McCulloch JA. Microdecompression for lumbar spinal canal stenosis. *Spine (Phila Pa 1976)* 1999; 24(21):2268–72.
116. Javid MJ, Hadar EJ. Long-term follow-up review of patients who underwent laminectomy for lumbar stenosis: a prospective study. *J Neurosurg* 1998; 89(1):1–7.
117. Pearson A, Blood E, Lurie J. Degenerative spondylolisthesis versus spinal stenosis: does a slip matter? Comparison of baseline characteristics and outcomes (SPORT). *Spine (Phila Pa 1976)* 2010; 35(3):298–305.
118. Schaller B. Failed back surgery syndrome: the role of symptomatic segmental single-level instability after lumbar microdiscectomy. *Eur Spine J* 2004; 13(3):193–8.
119. Shimo K, Ueno T, Younger J. Visualization of painful experiences believed to trigger the activation of affective and emotional brain regions in subjects with low back pain. *PLoS One* 2011; 6(11):2–7.
120. Ng LCL, Tafazal S, Sell P. The effect of duration of symptoms on standard outcome measures in the surgical treatment of spinal stenosis. *Eur Spine J* 2007; 16:199–206.
121. Arai Y, Hirai T, Yoshii T. A Prospective Comparative Study of 2 Minimally Invasive Decompression Procedures for Lumbar Spinal Canal Stenosis: Unilateral Laminotomy for Bilateral Decompression (ULBD) Versus Muscle-Preserving Interlaminar Decompression (MILD). *Spine (Phila Pa 1976)* 2014; 39(4):332–40.
122. Palmer S, Davison L. Minimally invasive surgical treatment of lumbar spinal stenosis: Two-year follow-up in 54 patients. *Surg Neurol Int* 2012; 3:41.
123. Lurie JD, Tosteson TD, Tosteson A. Long-term Outcomes of Lumbar Spinal Stenosis - Eight-Year Results of the Spine Patient Outcomes Research Trial (SPORT). *Spine (Phila Pa 1976)* 2015; 40(2):63–76.
124. Atlas SJ, Keller RB, Wu Y a, Deyo R a, Singer DE. Long-term outcomes of surgical and nonsurgical management of lumbar spinal stenosis: 8 to 10 year results from the maine lumbar spine study. *Spine (Phila Pa 1976)* 2005; 30(8):936–43.
125. Iguchi T, Kurihara A, Nakayama J. Minimum 10-year outcome of decompressive laminectomy for degenerative lumbar spinal stenosis. *Spine (Phila Pa 1976)* 2000; 25(14):1754–9.

126. Micankova Adamova B, Vohanka S, Dusek L, Jarkovsky J, Bednarik J. Prediction of long-term clinical outcome in patients with lumbar spinal stenosis. *Eur Spine J* 2012; 21:2611–9.
127. Anjarwalla NK, Brown LC, McGregor a. H. The outcome of spinal decompression surgery 5 years on. *Eur Spine J* 2007; 16:1842–7.
128. Arinzon Z, Adunsky A, Fidelman Z, Gepstein R. Outcomes of decompression surgery for lumbar spinal stenosis in elderly diabetic patients. *Eur Spine J* 2004; 13(1):32–7.
129. McKillop AB, Carroll LJ, Battié MC. Depression as a prognostic factor of lumbar spinal stenosis: a systematic review. *Spine J* 2014; 14:837–46.
130. Sigmundsson FG, Kang XP, Jönsson B, Strömqvist B. Prognostic factors in lumbar spinal stenosis surgery. *Acta Orthop* 2012; 83(5):536–42.
131. Papavero L, Thiel M, Fritzsche E. Lumbar spinal stenosis: Prognostic factors for bilateral microsurgical decompression using a unilateral approach. *Neurosurgery* 2009; 65(December):182–7.
132. Aalto T, Sinikallio S, Kröger H. Preoperative predictors for good postoperative satisfaction and functional outcome in lumbar spinal stenosis surgery - A prospective observational study with a two-year follow-up. *Scand J Surg* 2012; 101:255–60.
133. Aalto TJ, Malmivaara A, Kovacs F. Preoperative predictors for postoperative clinical outcome in lumbar spinal stenosis: systematic review. *Spine (Phila Pa 1976)* 2006; 31(18):E648–63.
134. Athiviraham A, Wali Z a, Yen D. Predictive factors influencing clinical outcome with operative management of lumbar spinal stenosis. *Spine J* 2011; 11(7):613–7.
135. Burgstaller JM, Held U, Brunner F, et al. The impact of obesity on the outcome of decompression surgery in degenerative lumbar spinal canal stenosis: Analysis of the Lumbar Spinal Outcome Study (LSOS): A Swiss prospective multicenter cohort study. *Spine (Phila Pa 1976)* 2016; 41(1):82–9.
136. Ang CL, Phak-Boon Tow B, Fook S. Minimally invasive compared with open lumbar laminotomy: no functional benefits at 6 or 24 months after surgery. *Spine J* 2013; 07.461.
137. Strömqvist B, Fritzell P, Hägg O, Jönsson B, Sandén B. Swespine: The Swedish spine register the 2012 report. *Eur Spine J* 2013; 22:953–74.

8 Anhang

Abkürzungen

Abb.	Abbildung
ALIF	anterior lumbar intervertebral fusion
BMI	Body Mass Index
bspw.	beispielsweise

bzw.	beziehungsweise
CT	Computertomografie
DWG	Deutsche Wirbelsäulengesellschaft
EMG	Elektromyografie
ESJ	European Scientific Journal
et al.	et alii/et aliae (und andere)
ISG	Ileosakralgelenk
L1/2/3/4/5	Lendenwirbel 1/2/3/4/5
LFU	Last Follow Up
Lig./Ligg.	Ligamentum/Ligamenta
LSS	lumbale Spinalkanalstenose
LWK	Lendenwirbelkörper
LWS	Lendenwirbelsäule
m	männlich
MRT	Magnetresonanztomografie
NSAID	non steroidal antiinflammatory drugs
NSAR	nichtsteroidale Antirheumatika
o. g.	oben genannt(e)
ODI	Oswestry Disability Index
ODQ	Oswestry Disability Questionnaire
ODQ-D	Deutsche Version des ODQ
pAVK	periphere arterielle Verschlusskrankheit
PLIF	posterior lumbar intervertebral fusion
Proc./ Procc.	Processus/Processus (plural)
S1	Sakralwirbel 1
SWK	Sakralwirbelkörper
UKGM	Uniklinikum Gießen und Marburg
VAS	Visuelle Analogskala
vs.	versus (gegenüber)
w	weiblich
Z. n.	Zustand nach
z. T.	zum Teil

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1	Lendenwirbelkörper von lateral und kaudal.....	Seite 2
Abb. 2	Überblick über den Bandapparat der Lendenwirbelsäule.....	Seite 4
Abb. 3	MRT-Befunde vor und nach Dekompressionsoperationen.... bei unilateraler Spinalkanalstenose	Seite 6
Abb. 4	Zentrale, Rezessus-, Foramen- und extraforaminelle..... Stenose	Seite 7
Abb. 5	Ursachen für die Schmerzlinderung bei..... Entlordosierungsmanövern	Seite 9
Abb. 6	instabile und stabile Spondylolisthese L4 auf L5.....	Seite 10
Abb. 7	Spinalkanalstenose im Myelo-MRT in 2 Ebenen.....	Seite 11
Abb. 8	Laminektomie, Hemilaminektomie, unilaterale und..... bilaterale Laminotomie	Seite 15
Abb. 9	PLIF (posterior lumbar intervertebral fusion) und..... interkorporelle Cages	Seite 17
Abb. 10	Vorgehen bei Laminotomie	Seite 18
Abb. 11	Position des Operationsmikroskopes und Situs bei..... unilateraler Laminotomie	Seite 19
Abb. 12	Position des Operationsmikroskopes und Situs bei..... Undercutting zur Gegenseite	Seite 20
Abb. 13	Übersicht über die Ein- und Ausschlusskriterien.....	Seite 24
Abb. 14	Altersverteilung der Patienten zum Zeitpunkt der Operation.	Seite 32
Abb. 15	präoperativ erhobene BMI-Werte	Seite 34
Abb. 16	präoperative Beschwerdedauer in Monaten.....	Seite 36
Abb. 17	Klinisches Ergebnis zum Zeitpunkt der Entlassung	Seite 41
Abb. 18	Neurologische Befunde zum Zeitpunkt der Entlassung.....	Seite 42
Abb. 19	Klinisches Kurzzeitergebnis	Seite 44
Abb. 20	Neurologische Befunde im Rahmen des..... Kurzzeitergebnisses	Seite 44
Abb. 21	Klinisches Langzeitergebnis.....	Seite 46
Abb. 22	Neurologische Befunde im Rahmen des..... Langzeitergebnisses	Seite 47
Abb. 23	Entwicklung der Claudicatio-symptomatik.....	Seite 49

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1	Vorerkrankungen	Seite 33
Tabelle 2	präoperative neurologische Symptomatik.....	Seite 37
Tabelle 3	Radiologisch stenosierte Segmenthöhen	Seite 38
Tabelle 4	Komplikationen.....	Seite 40
Tabelle 5	Re-Operationen und sekundäre Fusionen mit und ohne..... Spondylolisthese	Seite 50
Tabelle 6	prognostische Faktoren für Reoperationen.....	Seite 51
Tabelle 7	prognostische Faktoren für schlechtes Last Follow-Up- Outcome bezüglich der Claudicatio-Symptomatik	Seite 52

Veröffentlichungen

Schöller K, Steingrüber T, Stein M, Uhl E. Microsurgical decompression of lumbar spinal stenosis via unilateral laminotomy: Reoperations and long-term outcome in a large retrospective series, 65. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Neurochirurgie, Dresden, 2014. German Medical Science GMS Publishing House; Düsseldorf; doi: 10.3205/14dgnc268

Microsurgical unilateral laminotomy for decompression of lumbar spinal stenosis: long-term results and predictive factors, Schöller K, Steingrüber T, Stein M, Vogt N, Müller T, Pons-Kühnemann J, Uhl E, *Acta Neurochir (Wien)*. Jun;158(6):1103-13

Anhang Fragebogen

Sehr geehrte Damen und Herren,

im Zeitraum vom 1.1.2005 bis zum 31.12.2010 befanden Sie sich in stationärer Behandlung in der neurochirurgischen Station des Uniklinikums Gießen und unterzogen sich einer oder mehrerer chirurgischer Eingriffe zur Korrektur einer Spinalkanalstenose (Verengung des Wirbelkanals).

Unter der Betreuung von Dr. Karsten Schöller, Oberarzt in der Neurochirurgie des Uniklinikums Gießen beschäftige ich mich im Rahmen meiner Doktorarbeit mit verschiedenen operativen Verfahren, deren Effektivität und Langzeiterfolg zur Behandlung der besagten Erkrankung, um deren Therapie zu optimieren. Dazu bin ich auf Ihre Mitarbeit angewiesen. Ich bitte Sie, den beiliegenden zweiseitigen Fragebogen nach bestem Wissen und Gewissen auszufüllen und an das Uniklinikum Gießen zurück zu schicken. Um Ihnen die dabei anfallenden Kosten zu ersparen, liegt diesen Unterlagen auch ein frankierter Umschlag für die Rücksendung bei. Eine Einsicht in das Ergebnis ist nach vollendeter Analyse der Daten selbstverständlich möglich. Diesbezüglich, oder um etwaige Fragen zu beantworten, können Sie mich gerne per Email oder Post kontaktieren.

Ihre persönlichen- und Patientendaten (insbesondere Name und Adresse) werden selbstverständlich höchst vertraulich behandelt und in der Studie anonymisiert.

Ich danke Ihnen im Voraus für die Unterstützung,
mit freundlichen Grüßen,
Thomas Steingrüber

Nehmen Sie regelmäßig Schmerzmedikamente ein?

Wenn ja, welche:

Bitte geben Sie Ihr Gewicht: _____ und Ihre Körpergröße an:

Bitte füllen Sie diesen Fragebogen aus. Er soll uns darüber informieren, wie Ihre Rücken- (oder Bein-)probleme Ihre Fähigkeit beeinflussen, den Alltag zu bewältigen. Wir bitten Sie, jeden Abschnitt zu beantworten. Kreuzen Sie in jedem Abschnitt nur die Aussage an, die Sie heute am besten beschreibt.

<p>Abschnitt 1: Schmerzstärke</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Ich habe momentan keine Schmerzen. <input type="checkbox"/> Die Schmerzen sind momentan sehr schwach. <input type="checkbox"/> Die Schmerzen sind momentan mäßig. <input type="checkbox"/> Die Schmerzen sind momentan ziemlich stark. <input type="checkbox"/> Die Schmerzen sind momentan sehr stark. <input type="checkbox"/> Die Schmerzen sind momentan so schlimm wie nur vorstellbar. 	<p>Abschnitt 2: Gehen₄</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Schmerzen hindern mich nicht daran, so weit zu gehen, wie ich möchte. <input type="checkbox"/> Schmerzen hindern mich daran, mehr als 1–2 km zu gehen. <input type="checkbox"/> Schmerzen hindern mich daran, mehr als 0,5 km zu gehen. <input type="checkbox"/> Schmerzen hindern mich daran, mehr als 100 m zu gehen. <input type="checkbox"/> Ich kann nur mit einem Stock oder Krücken gehen. <input type="checkbox"/> Ich bin die meiste Zeit im Bett und muss mich zur Toilette schleppen.
<p>Abschnitt 3: Heben</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Ich kann schwere Gegenstände heben, ohne dass die Schmerzen dadurch stärker werden. <input type="checkbox"/> Ich kann schwere Gegenstände heben, aber die Schmerzen werden dadurch stärker. <input type="checkbox"/> Schmerzen hindern mich daran, schwere Gegenstände vom Boden zu heben, aber es geht, wenn sie geeignet stehen (z.B. auf einem Tisch). <input type="checkbox"/> Schmerzen hindern mich daran, schwere Gegenstände zu heben, aber ich kann leichte bis mittelschwere Gegenstände heben, wenn sie geeignet stehen. <input type="checkbox"/> Ich kann nur sehr leichte Gegenstände heben. <input type="checkbox"/> Ich kann überhaupt nichts heben oder tragen. 	<p>Abschnitt 4: Körperpflege (Waschen, Anziehen etc.)₂</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Ich kann meine Körperpflege normal durchführen, ohne dass die Schmerzen dadurch stärker werden. <input type="checkbox"/> Ich kann meine Körperpflege normal durchführen, aber es ist schmerzhaft. <input type="checkbox"/> Meine Körperpflege durchzuführen ist schmerzhaft, und ich bin langsam und vorsichtig. <input type="checkbox"/> Ich brauche bei der Körperpflege etwas Hilfe, bewältige das meiste aber selbst. <input type="checkbox"/> Ich brauche täglich Hilfe bei den meisten Aspekten der Körperpflege. <input type="checkbox"/> Ich kann mich nicht selbst anziehen, wasche mich mit Mühe und bleibe im Bett.
<p>Abschnitt 5: Sitzen</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Ich kann auf jedem Stuhl so lange sitzen, wie ich möchte. <input type="checkbox"/> Ich kann auf meinem Lieblingsstuhl so lange sitzen, wie ich möchte. <input type="checkbox"/> Schmerzen hindern mich daran, länger als 1 Stunde zu sitzen. <input type="checkbox"/> Schmerzen hindern mich daran, länger als eine halbe Stunde zu sitzen. <input type="checkbox"/> Schmerzen hindern mich daran, länger als 10 Minuten zu sitzen. <input type="checkbox"/> Schmerzen hindern mich daran, überhaupt zu sitzen. 	<p>Abschnitt 6: Stehen</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Ich kann so lange stehen, wie ich möchte, ohne dass die Schmerzen dadurch stärker werden. <input type="checkbox"/> Ich kann so lange stehen, wie ich möchte, aber die Schmerzen werden dadurch stärker. <input type="checkbox"/> Schmerzen hindern mich daran, länger als 1 Stunde zu stehen. <input type="checkbox"/> Schmerzen hindern mich daran, länger als eine halbe Stunde zu stehen. <input type="checkbox"/> Schmerzen hindern mich daran, länger als 10 Minuten zu stehen. <input type="checkbox"/> Schmerzen hindern mich daran, überhaupt zu stehen.
<p>Abschnitt 7: Schlafen</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Mein Schlaf ist nie durch Schmerzen gestört. <input type="checkbox"/> Mein Schlaf ist gelegentlich durch Schmerzen gestört. <input type="checkbox"/> Ich schlafe aufgrund von Schmerzen weniger als 6 Stunden. <input type="checkbox"/> Ich schlafe aufgrund von Schmerzen weniger als 4 Stunden. <input type="checkbox"/> Ich schlafe aufgrund von Schmerzen weniger als 2 Stunden. <input type="checkbox"/> Schmerzen hindern mich daran, überhaupt zu schlafen. 	<p>Abschnitt 8: Sexualleben (falls zutreffend)</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Mein Sexualleben ist normal, und die Schmerzen werden dadurch nicht stärker. <input type="checkbox"/> Mein Sexualleben ist normal, aber die Schmerzen werden dadurch stärker. <input type="checkbox"/> Mein Sexualleben ist nahezu normal, aber sehr schmerzhaft. <input type="checkbox"/> Mein Sexualleben ist durch Schmerzen stark eingeschränkt. <input type="checkbox"/> Ich habe aufgrund von Schmerzen fast kein Sexualleben. <input type="checkbox"/> Schmerzen verhindern jegliches Sexualleben.
<p>Abschnitt 9: Sozialleben</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Mein Sozialleben ist normal, und die Schmerzen werden dadurch nicht stärker. <input type="checkbox"/> Mein Sozialleben ist normal, aber die Schmerzen werden dadurch stärker. <input type="checkbox"/> Schmerzen haben keinen wesentlichen Einfluss auf mein Sozialleben, außer dass sie meine eher aktiven Interessen, z.B. Sport, einschränken. <input type="checkbox"/> Schmerzen schränken mein Sozialleben ein, und ich gehe nicht mehr so oft aus. <input type="checkbox"/> Schmerzen schränken mein Sozialleben auf mein Zuhause ein. <input type="checkbox"/> Ich habe aufgrund von Schmerzen kein Sozialleben. 	<p>Abschnitt 10: Reisen</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Ich kann überallhin reisen, und die Schmerzen werden dadurch nicht stärker. <input type="checkbox"/> Ich kann überallhin reisen, aber die Schmerzen werden dadurch stärker. <input type="checkbox"/> Trotz starker Schmerzen kann ich länger als 2 Stunden unterwegs sein. <input type="checkbox"/> Ich kann aufgrund von Schmerzen höchstens 1 Stunde unterwegs sein. <input type="checkbox"/> Ich kann aufgrund von Schmerzen nur kurze notwendige Fahrten unter 30 Minuten machen. <input type="checkbox"/> Schmerzen hindern mich daran, Fahrten zu machen, außer zur medizinischen Behandlung.

Bitte geben Sie an, welche Aussagen Ihren heutigen Gesundheitszustand am besten beschreiben, indem Sie ein Kreuz in ein Kästchen jeder Gruppe machen. Kreuzen Sie auf den Skalen im zweiten Abschnitt das Kästchen unter der jeweils zutreffenden Zahl an.

Beweglichkeit/Mobilität

- Ich habe keine Probleme herumzugehen
- Ich habe einige Probleme herumzugehen
- Ich bin ans Bett gebunden

Für sich selbst sorgen

- Ich habe keine Probleme, für mich selbst zu sorgen
- Ich habe einige Probleme, mich selbst zu waschen oder mich anzuziehen
- Ich bin nicht in der Lage, mich selbst zu waschen oder anzuziehen

Allgemeine Tätigkeiten (z.B. Arbeit, Studium, Hausarbeit, Familien- oder Freizeitaktivitäten)

- Ich habe keine Probleme, meinen alltäglichen Tätigkeiten nachzugehen
- Ich habe einige Probleme, meinen alltäglichen Tätigkeiten nachzugehen
- Ich bin nicht in der Lage, meinen alltäglichen Tätigkeiten nachzugehen

Schmerzen/Körperliche Beschwerden

- Ich habe keine Schmerzen oder Beschwerden
- Ich habe mäßige Schmerzen oder Beschwerden
- Ich habe extreme Schmerzen oder Beschwerden

Angst/Niedergeschlagenheit

- Ich bin nicht ängstlich oder deprimiert
- Ich bin mäßig ängstlich oder deprimiert
- Ich bin extrem ängstlich oder deprimiert

Gesundheitszustand

	Schlechtest denkbarer Gesundheitszustand									Best denkbarer Gesundheitszustand
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Schmerzen im Bein

	Kein Schmerz									Stärkster vorstellbarer Schmerz
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	<input type="checkbox"/>									

Schmerzen im Rücken

	Kein Schmerz									Stärkster vorstellbarer Schmerz
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	<input type="checkbox"/>									

Hauptlokalisierung der Schmerzen

	Schmerz in den Beinen									Schmerz im Rücken
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	<input type="checkbox"/>									

Danksagung

Mein Dank gilt folgenden Personen, die mich während der Bearbeitung meiner Dissertation unterstützt haben: Prof. Dr. med. Karsten Schöller und Prof. Dr. med. E Uhl für die Betreuung der Doktorarbeit und die Zusammenarbeit an der dieser Arbeit zugrunde liegenden Veröffentlichungen, den Mitarbeitern des Instituts für medizinische Statistik Dr. J. Pons-Kühnemann und Christine Scheibelhut für die umfangreiche statistische Beratung, Frau Katja Laspe für die Hilfe bei immer wieder aufgetretenen organisatorischen Fragen und kleineren Problemen, allen Personen, die sich die Zeit genommen haben, diese Arbeit Korrektur zu lesen.

Erklärung zur Dissertation

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

Mit der Überprüfung meiner Arbeit durch eine Plagiatserkennungssoftware bzw. ein internetbasiertes Softwareprogramm erkläre ich mich einverstanden.“

Ort, Datum

Unterschrift