Aus der Klinik für Neurochirurgie
Der Universität zu Lübeck
Direktor: Prof. Dr. med. V. Tronnier
in Kooperation mit der
Abteilung für Neurochirurgie der Asklepios-Klinik Altona in Hamburg
Chefarzt: Prof. Dr. med. U. Kehler

MINIMALINVASIVE UNILATERALE LAMINOTOMIE MIT BILATERALER DEKOMPRESSION IN CROSS-OVER TECHNIK

VERSUS

LAMINEKTOMIE

Eine prospektive klinische Studie
bei monosegmentaler lumbaler Spinalkanalstenose

Inauguraldissertation
zur
Erlangung der Doktorwürde
der Universität zu Lübeck
- Aus der Medizinischen Fakultät –

vorgelegt von
Emel Peters geb. Haskan
aus Haciyakup, Türkei

Lübeck 2010

1. Berichterstatter: Prof. Dr. med. Uwe Kehler

2. Berichterstatter: Prof. Dr. med. Henry F. H. Halm

Tag der mündlichen Prüfung: 19.01.2011

zum Druck genehmigt. Lübeck, den 19.01.2011

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis V
Tabellenverzeichnis VI
Graphikverzeichnis VII
1 Einleitung 1
1.1 Allgemeines zur Spinalkanalstenose (SKS) 1
1.2 Geschichtlicher Überblick 2
1.3 Anatomie 3
1.3.1 Anatomie der Wirbelsäule 3
1.3.2 Das Rückenmark und seine Häute 5
1.4 Definition der lumbalen Spinalkanalstenose 5
1.5 Ätiologie und Klassifikation der Spinalkanalstenose 6
1.6 Wirbelgleiten 8
1.7 Claudicatio intermittens spinalis 9
1.8 Symptomatik der lumbalen Spinalkanalstenose 10
1.9 Diagnostik der lumbalen Spinalkanalstenose 12
1.9.1 Anamnese 12
1.9.2 Klinische Befunde 12
1.9.3 Radiologische Diagnostik 13
1.9.4 Elektrophysiologische Untersuchungen 14
1.10 Therapie der lumbalen Spinalkanalstenose 14
1.10.1 Konservative Therapie 15
1.10.2 Operative Therapie 16
1.10.3 Operationsverfahren bei Laminektomie 20
1.10.4 Operationsverfahren bei minimalinvasiver unilateraler Laminotomie mit bilateraler Dekompression in Cross-Over Technik 21
2 Fragestellung und Zielsetzung 24
3 Patienten und Methoden 25
3.1 Ein- und Ausschlusskriterien 25
3.2 Patientenkollektiv 25
3.3 Wahl der Operationsmethode 26
3.4 Numerische Analogskala (NAS) 26
3.5 Die Untersuchungsabläufe und Vergleichskriterien 27
3.5.1 Dauer und Art der Symptomatik 27

3.5.2 Schmerzverlauf 27
3.5.3 Gehstrecke 28
3.5.4 Claudicatio spinalis 28
3.5.5 Schmerzmittelbedarf 28
3.5.6 Oswestry low back pain Disability Index (ODI) 29
3.5.7 Alltagsbewältigung 29
3.5.8 Intra- und perioperative Unterschiede 30
3.5.9 Komplikationen 30
3.5.10 Instabilität 30
3.5.11 Zufriedenheit 30
3.5.12 Krankenhausverweildauer 31
3.6 Statistische Methoden und graphische Darstellung 31
4 Ergebnisse 34
4.1 Anamnestische Daten und klinische Befunde 34
4.1.1 Stammdaten 34
4.1.2 Begleiterkrankungen und konservative Therapie 35
4.2 Radiologische Befunde 36
4.2.1 Die Untersuchungsmethoden 36
4.2.2 Lokalisation der Stenosen und Pseudospondylolisthesen präOP 36
4.3 Operative Befunde 36
4.3.1 Verteilung der Operationssegmente 36
4.3.2 Operationsdauer, Blutverlust, Schnittlänge 37
4.3.3 Intraoperative Komplikationen 38
4.3.4 Postoperative Komplikationen 38
4.3.5 Krankenhausverweildauer 39
4.4 Schmerzen 39
4.4.1 Schmerzmittelbedarf 39
4.4.2 Schmerzlokalisation 41
4.4.3 Schmerzintensität 41
4.5 Klinische Daten 43
4.5.1 Claudicatio spinalis 43
4.5.2 Paresen 44
4.5.3 Sensibilitätsstörungen 45
4.5.4 LWS-Beweglichkeit präoperativ und bei FU 46

4.6 Gehfähigkeit 46
4.6.1 Gehstrecke 46
4.7 Oswestry Disability Index (ODI) 48
4.8 Mobilität und Alltagseinschränkung 48
4.8.1 Ergebnisse des Fragebogens zur Alltagseinschränkung 48
4.9 Zufriedenheit 49
4.9.1 Besserung der Beschwerden, Gehfähigkeit und Belastbarkeit 49
4.9.2 Zufriedenheit mit der Operation 50
4.9.3 Bereitschaft zu erneuter Operation 50
4.9.4 Bereitschaft, die Operation anderen weiterzuempfehlen 50
5 Diskussion 51
5.1 Präoperative Ergebnisse 52
5.2 Klinische Ergebnisse nach Therapie 53
5.2.1 Schmerzverlauf 53
5.2.2 Schmerzintensität nach NAS 55
5.2.3 Gehfähigkeit 55
5.2.4 ODI-Vergleich präoperativ und ein Jahr postoperativ 56
5.2.5 Alltagseinschränkung und Mobilität 57
5.2.6 Zufriedenheit 57
5.2.7 Vergleich der operativen Daten 58
5.2.8 Früh und Spätkomplikationen 58
5.2.9 Krankenhausverweildauer 59
5.3 Gründe für Verschlechterungssymptome, die nicht mit der Dekompression in Zusammenhang stehen 60
5.4 Instabilität 60
5.5 Erfolg der Operationsverfahren im Vergleich anderer Studien 62
5.6 Vergleich der Ergebnisse der Laminektomie mit der minimalinvasiven unilateralen Laminotomie mit bilateraler Dekompression 63
5.7 Schlußfolgerung 66
6 Zusammenfassung 67
7 Literaturverzeichnis 68
8 Anhang 78
8.1 Fragebögen 78
8.1.1 Stammdaten und Begleiterkrankungen 78

8.1.2 Schmerzen präOP und FU 79
8.1.3 Manifeste Paresen....80
8.1.4 Sensible Störungen 80
8.1.5 Reflexstatus....80
8.1.6 Alltagsbewältigung / Mobilitätseinschränkung 81
8.1.7 Gehfähigkeit 82
8.1.8 Operationsdaten....82
8.1.9 Oswestry low back pain disability questionaire....83
8.2 Ausführliche Tabellen und Graphiken....85
8.3 Danksagung 94
8.4 Ehrenwörtliche Erklärung 94
9 Lebenslauf 95

Abkürzungsverzeichnis

AVK	arterielle Verschlusskrankheit
BMI	Body-Maß-Index
BSV	Bandscheibenvorfall
BWS	Brustwirbelsäule
CT	Computertomographie
FBA	Finger-Boden-Abstand
FU	Folgeuntersuchung nach einem Jahr postoperativ
HWS	Halswirbelsäule
L1..L5	Lumbale / Sakrale Nervenwurzeln
LEK	Laminektomie (Gruppe II)
li	links
LW1..LW5	Lendenwirbel
LWS	Lendenwirbelsäule
m	männlich
MRT	Magnetresonanztomographie
MUL	Minimalinvasive unilaterale Laminotomie mit bilateraler Dekompression in Cross-Over Technik (Gruppe I)
MW	Mittelwert
NAS	Numerische Analogskala
ODI	Oswestry low back pain Disability Index
pAVK	periphere arterielle Verschlusskrankheit
PLIF	posteriore lumbale intervertebrale Fusion
postOP	postoperativ
präOP	präoperativ
QR	Quadriceps Reflex
re	rechts
S1..S5	Sakrale Nervenwurzeln
SW1	erster Sakralwirbel
SD	Standardabweichung
SKS	Spinalkanalstenose
TSR	Triceps surae Reflex
VAS	Visuelle Analogskala
w	weiblich

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Einteilung der NAS Skala für die Gehstrecke 27
Tabelle 2: Klassifizierung der Einschränkungen im ODI und bei der Alltagsbewältigung....29
Tabelle 3: Stammdaten und Begleiterkrankungen 35
Tabelle 4: Operationsdaten 37
Tabelle 5: Komplikationen 38
Tabelle 6: Krankenhausverweildauer postOP in Tagen....39
Tabelle 7: Fragebogen Stammdaten und Begleiterkrankungen 78
Tabelle 8: Fragebogen Schmerzen NAS Score präOP und FU....79
Tabelle 9: Einteilung der Schmerzintensitäten nach Punktzahlen 79
Tabelle 10: Fragebogen Schmerzen NAS Score postOP 79
Tabelle 11: Erhebung Manifeste Paresen....80
Tabelle 12: Erhebung Sensible Störungen 80
Tabelle 13: Erhebung Reflexstatus 80
Tabelle 14: Fragebogen Alltagsbewältigung 81
Tabelle 15: Operierte Stenosen 85
Tabelle 16: Stenosierte Segmente mit Pseudospondylolisthesen präOP....85
Tabelle 17: Analgetikabedarf präOP, postOP und FU 85
Tabelle 18: Präoperative Schmerzlokalisation und Schmerzart 85
Tabelle 19: Vergleich der Schmerzintensität nach NAS präOP, postOP und bei FU 85
Tabelle 20: Schmerzempfindung postoperativ bei Krankenhausentlassung 87
Tabelle 21:Schmerzempfindung bei FU....87
Tabelle 22: Verteilung der präoperativen manifesten Paresen....87
Tabelle 23: Paresen postOP bei Entlassung u. FU....88
Tabelle 24: Sensible Störungen postoperativ bei Entlassung und FU....88
Tabelle 25: Gehstrecke: Einteilung in Metern und nach NAS präOP, postOP und bei FU....89
Tabelle 26: Gehfähigkeit post-OP und FU 91
Tabelle 27: Änderung der Gehstrecke nach NAS präOP, postOP und FU 91
Tabelle 28: allgemeine Belastbarkeit bei Krankenhausentlassung....91
Tabelle 29: Beschwerden post-OP und FU....91
Tabelle 30: LWS-Beweglichkeit präOP und bei FU 92
Tabelle 31: Gehhilfen postoperativ während des Krankenhaus-Aufenthaltes 92
Tabelle 32: Alltagseinschränkung präOP und FU....92
Tabelle 33: Gruppenvergleich Score der Mobilitätseinschränkung....92
Tabelle 34: Oswestry-Score präOP und FU....92
Tabelle 35: Zufriedenheit mit der durchgeführten Operation bei Entlassung und FU....93
Tabelle 36: Bereitschaft zu erneuter Operation bei gleichen Beschwerden 93
Tabelle 37: Bereitschaft die Operation weiterzuempfehlen 93

Graphikverzeichnis

Graphik 1: Altersverteilung der Vergleichsgruppen....34
Graphik 2: Verteilung der Operationssegmente....36
Graphik 3: Operationsdauer in Minuten....37
Graphik 4: Analgetikahäufigkeit präOP, postOP und FU....40
Graphik 5: Analgetikapotenz präOP, postOP und bei FU....40
Graphik 6: Gruppenvergleich NAS-Schmerz präOP....42
Graphik 7: Gruppenvergleich NAS-Schmerz postOP....42
Graphik 8: Gruppenvergleich NAS-Schmerz bei FU....42
Graphik 9:Claudicatio spinalis präOP, postOP und FU....43
Graphik 10: Kraftlosigkeit in den Beinen präOP (subjektiv)....44
Graphik 11: Intensität der präoperativen Gefühlsstörungen....45
Graphik 12: Gehstreckenänderung nach NAS (präOP, postOP und FU)....47
Graphik 13: Gehhilfen bei Krankenhausentlassung....47
Graphik 14: Oswestry-Score präOP und bei FU (in Prozent)....48
Graphik 15: Alltagseinschränkung präOP und bei FU....49
Graphik 16: Gehstrecke präOP....90
Graphik 17: Gehstrecke postoperativ bei Krankenhausentlassung....90
Graphik 18: Gehstrecke bei FU nach einem Jahr....90

1 Einleitung

1.1 Allgemeines zur Spinalkanalstenose (SKS)

Die Wirbelsäule ist einerseits als Achsenskelett das Stütz- und Bewegungsorgan des Rumpfes, andererseits schützt sie das im Wirbel- oder Spinalkanal verlaufende Rückenmark, bzw. ab dem 1. oder 2. Lendenwirbel die Cauda equina. Eine Spinalkanalstenose ist jede Form der pathologischen Einengung des Spinalkanals und der Foramina intervertebralia, die zu einer Kompression des Myelons oder des Durasacks mit der Cauda equina und/oder einer Nervenwurzel führt [**5**]. Die Spinalkanalstenose entsteht meistens durch degenerative Veränderungen. Da Degenerationen überwiegend mit fortschreitendem Alter auftreten, betreffen sie meistens ältere Menschen. Somit bekommt die SKS unter den degenerativen Erkrankungen jenseits des sechzigsten Lebensjahres eine zunehmende Bedeutung [**22**,**57**,**88**]. Bei Patienten im Alter über 60 Jahre kann kernspintomographisch in mehr als 20 % der Fälle unabhängig von Symptomen eine lumbale Spinalkanalstenose diagnostiziert werden [**13**]. Eine in Schweden 1995 von Johnson publizierte Untersuchung ergab eine jährliche Inzidenz der lumbalen Spinalkanalstenose von 5 / 100.000 bei einem Durchschnittsalter von über 65 Jahren [**46**].

Die komprimierende Wirkung der Spinalkanalstenose auf die nervalen Strukturen verursacht je nach betroffenem Wirbelsäulenabschnitt cervicale, thorakale, lumbale und/oder radikuläre sowie pseudoradikuläre Schmerzen in den entsprechenden Extremitäten, begleitet eventuell von sensiblen Störungen und Paresen bis hin zu einem Caudasyndrom mit Miktions- und Defäkationsstörungen.

Wenn die Einengung des Wirbelkanals den Lendenwirbelsäulenabschnitt betrifft, spricht man von einer lumbalen Spinalkanalstenose. Synonyme wie **Lumbalstenose**, **Lumbalkanalstenose, Claudicatio spinalis** sind gebräuchlich. Durch die verbesserten und gut zugänglichen nicht-invasiven diagnostischen Möglichkeiten, wie Computertomographie und Magnetresonanztomographie wird die Diagnose der lumbalen SKS immer häufiger gestellt. Die Behandlung der durch die Spinalkanalstenose verursachten Beschwerden erfolgt zunächst konservativ. Die konservative Therapie besteht aus der Gabe von Analgetika, von nicht steroidalen Antirheumatika bis hin zu Opiaten, der Gabe

von Muskelrelaxantien, der Durchführung von Physiotherapie und lokalen Injektionen von Lokalanästhetika und Corticoiden. Eine weitere konservative Maßnahme ist die Verordnung eines Stützkorsetts [**57**,**101**].

Wenn durch konservative Maßnahmen keine deutliche Schmerzlinderung erreicht wird, oder sogar neurologische Ausfälle auftreten, bleibt als letzte Option die Operation. Ziel der Operation ist es, die Einengung des Spinalkanals oder der Foramina intervertebralia zu beseitigen und damit über eine Dekompression der nervalen Strukturen die Ursache der Beschwerden zu beheben.

1.2 Geschichtlicher Überblick

Als erster beschrieb Portal eine Einengung des Wirbelkanals als Folge von rachitischen Veränderungen [**75**].

Die erste Laminektomie wurde 1887 von Victor Alexander Haden Horsley, damals Assistenzarzt am University College London, zur Entfernung eines spinalen Tumors durchgeführt.

Im Jahr 1900 berichteten Sachs und Fränkel über einen Patienten mit lumbosacralen Schmerzen und Schwäche in beiden Beinen [**36**]. Nach durchgeführter Laminektomie Th 11/12 trat eine deutliche Besserung auf. Intraoperativ fanden sich deutlich verdickte Laminae.

1909 berichteten Oppenheim und Krause über einen Patienten mit Kompression der Cauda equina [**74**].

1911 wurde der Begriff „Claudicatio spinalis“ von Dejerine geprägt [**28**]. In den folgenden Jahren erfolgten Veröffentlichungen des italienischen Orthopäden Putti. 1927 beschrieb er die Nervenwurzelkompressionssyndrome, auch Putti-Syndrom (= lumbales Vertebral-syndrom) genannt, die durch die Raumforderung der degenerativen Veränderungen bei Spondylarthrose auftraten [**80**]. Er beschrieb einen Fall, bei dem er durch Laminektomie über drei Segmente eine Beschwerdefreiheit erzielte.

Putti verwies später auf multiple Varianten, Asymmetrien und Anomalien der kleinen lumbalen Wirbelgelenke, der Bögen und der Bogenwurzeln, durch die es sowohl zu

lokalen Beschwerden als auch bedingt durch die Wurzelkompression zu einer Beschwerdesymptomatik an den unteren Extremitäten kam [**81**].

1934 wurde durch die Arbeit von Mixter und Barr der Bandscheibenvorfall in den Mittelpunkt der Betrachtungen gestellt. Sie führten die Laminektomie mit transduralem Zugang durch, um die Bandscheibe zu entfernen [**70**]. Love führte zwischen 1930 und 1937 den intralaminal-extraduralen Zugang zur Diskektomie ein [**62**].

Erst Mitte des 20. Jahrhunderts wurde durch die Arbeiten des holländischen Neurochirurgen Verbiest die Aufmerksamkeit wieder auf die Spinalkanalstenose gelenkt [**110**,**112**]. Bedeutende Arbeiten über dieses Gebiet stammen auch von dem Schweizer Neurochirurgen Benini [**9**,**10**,**11**].

Die Geschichte der mikrochirurgischen Operationen an der Wirbelsäule ist noch jung, die der mikrochirurgischen Dekompression bei Spinalkanalstenose noch jünger als die mikrochirurgische Entfernung des lumbalen Bandscheibenvorfalles. Die Mikrochirurgie wurde 1977 von Pionieren wie Caspar und Yaşargil eingeführt [**18**,**118**].

Erst 1986 empfahl Benini in seiner Monographie „Ischias ohne Bandscheibenvorfall“ eine umschriebene Dekompression ohne Laminektomie [**9**].

1998 schlug John Mc Culloch, der die topographisch-anatomischen Grundlagen systematisch dargestellt hatte, für die Dekompression bei degenerativer lumbaler Spinalkanalstenose den Einsatz des Operationsmikroskops vor [**68**].

Begünstigt wurde die Tendenz zum minimalinvasiven Vorgehen durch die Entwicklung der neuen radiologischen Techniken wie Computertomographie und Magnetresonanz-tomographie.

1.3 Anatomie

1.3.1 Anatomie der Wirbelsäule

Wie oben bereits ausgeführt, schützt die Wirbelsäule das Rückenmark, bzw. die Cauda equina. Die Wirbelsäule wird unterteilt in 7 Halswirbel, 12 Brustwirbel, 5 Lendenwirbel, in das aus 5 Wirbeln verschmolzene Kreuzbein und in das aus 4 ebenfalls verschmolzenen Wirbeln bestehende Steißbein. Abweichend hiervon können als Normvarianten nur 4 freie

Lumbalwirbel und 6 verschmolzene Kreuzbeinwirbel vorkommen (Sacralisation) oder 6 freie Lendenwirbelkörper und nur 4 verschmolzene Kreuzbeinwirbel (Lumbalisation).

Der einzelne Lumbalwirbel – in dieser Arbeit wird nur auf die Lendenwirbelsäule eingegangen – besteht aus dem Wirbelkörper (Corpus vertebralis) und dem dorsal anschließenden Wirbelbogen (Arcus vertebrae). Der Wirbelbogen selbst besteht aus dem paarig angelegten Pediculus arcus vertebrae mit dem Processus articularis superior, dem Processus transversus und dem Processus articularis inferior, wobei der obere Gelenkfortsatz ventraler als der untere liegt. Diese paarig angelegten Strukturen vereinigen sich in der Lamina arcus vertebrae und dem Processus spinosus. Dadurch wird der knöcherne Wirbelkanal gebildet [**95**].

Die Gelenkfortsätze der Procc. articulares sind im kranialen Bereich fast sagittal, im kaudalen Bereich aber fast frontal [**108**]. Der untere Gelenkfortsatz eines Wirbels bildet mit dem oberen Gelenkfortsatz des darunter liegenden Wirbels das Zwischenwirbelgelenk. Die oberen und unteren Aussparungen der Pediculi arcus vertebrae bilden die Foramina intervertebralia.

Zwischen zwei Wirbelkörpern befindet sich eine Bandscheibe (Discus vertebralis). Jede Bandscheibe besteht aus einem gallertigen Kern (Nucleus pulposus) und einem diesen Kern umgebenden straffen faserknorpeligen Gewebe (Anulus fibrosus). Zwei Wirbel, die dazwischen liegende Bandscheibe und das dadurch gebildete Foramen intervertebrale bezeichnet Junghans als Bewegungssegment [**49**].

Weiterhin zur Wirbelsäule gehört der Bandapparat. Ventral der Wirbelkörper und der Bandscheiben verläuft das straffe vordere Längsband (Ligamentum longitudinale anterius) vom Atlas bis zum 1. Kreuzbeinwirbel, dorsal das schwächere Ligamentum longitudinale posterius an der Hinterkante der Wirbelkörper und der Bandscheiben von der Hinterhauptschuppe (Os occipitale) bis in den Sakralkanal [**104**].

Der Spinalkanal zieht von der Halswirbelsäule bis in das Kreuzbein. Er beherbergt und schützt das Rückenmark bzw. ab LW1/2 die Cauda equina. Dieser Kanal wird sowohl durch knöcherne als auch bindegewebige Strukturen gebildet. Der knöcherne Anteil des Wirbelkanals besteht aus der Hinterkante der Wirbelkörper und den Wirbelbögen. Die bindegewebigen Anteile sind die Bandscheiben, das Lig. longitudinale posterius und die sich zwischen den Wirbelbögen ausspannenden Ligg. flava. Diese Ligg. flava schließen

den Wirbelkanal zusammen mit den Kapseln der Zwischenwirbelgelenke bis auf die Öffnungen der Foramina intervertebralia vollständig ab.

Laterocaudal läuft der Wirbelkanal spitzwinklig auf das Foramen intervertebrale zu. Dieser so entstehende Raum wird nach Bose und Balasubramaniam als „Recessus lateralis“ bezeichnet [**15**]. Dieser Recessus lateralis bildet den Übergang zwischen dem Wirbelkanal und dem Foramen intervertebrale. Seine ventrale Begrenzung besteht aus der Hinterkante der Wirbelkörper und der Bandscheibe, lateral aus der medialen Bogenwurzel und dorsal aus dem kranialen Gelenkfortsatz, dem Wirbelbogen und dem Lig. flavum.

1.3.2 Das Rückenmark und seine Häute

Das Rückenmark verläuft im Wirbelkanal von der Medulla oblongata bis in die Höhe des 1. oder 2. Lendenwirbels, von dieser Höhe an verlaufen die paarigen Nervenwurzeln als Cauda equina bis in den sakralen Anteil des Wirbelkanals. Das Rückenmark selbst ist umgeben von seinen Häuten. Innen liegt die gefäßreiche Pia mater, weiter außen die Arachnoidea. Zwischen diesen beiden Häuten befindet sich die Cavitas arachnoidea, ein mit dem Liquor cerebrospinalis gefüllter Raum. Ab Höhe des 1. oder 2. Lumbalwirbels weitet sich dieser Raum zur Cisterna lumbalis aus. Die Arachnoidea wird nach außen abgeschlossen von der Dura mater spinalis, einem – wie der Name bereits sagt – straffen Bindegewebe. Dieses Bindegewebe bildet eine Art Sack. Der Durasack endet in Höhe des 2.-3. Sakralwirbels. Er selbst wieder wird von der Cavitas epiduralis umgeben, einem mit Fettgewebe und Venen gefüllten Raum. Diese Cavitas epiduralis wirkt wie ein Polster und schützt somit das Rückenmark bzw. die Nerven bei Bewegungen vor mechanischer Reizung.

Die aus dem Rückenmark paarig entspringenden Spinalnerven werden bis in die Foramina intervertebralia hinein ebenfalls von der Dura umschlossen. Von dort an geht die Dura in die Spinalnervenscheide über.

1.4 Definition der lumbalen Spinalkanalstenose

Der Durchmesser des lumbalen Spinalkanals beträgt im Durchschnitt 15-18 mm [**114**]. Gemessen wird die kürzeste Strecke zwischen der Wirbelkörperhinterkante und der dorsalen Begrenzung des Wirbelbogens auf Höhe der Bandscheibe. Verbiest beschreibt 1949 als erster die lumbale Spinalkanalstenose [**109**]. Nach dem Sagittaldurchmesser des

Spinalkanals wird die relative Spinalkanalstenose (10-14 mm) von der absoluten (< 10 mm) unterschieden [**112**], obgleich dies der komplexen Pathoanatomie des Krankheitsbildes nicht gerecht wird. Dieser Parameter berücksichtigt nämlich nur die zentrale Stenose und nicht die laterale Stenose im Bereich des Recessus lateralis und des Neuroforamens. In der Regel liegen jedoch Kombinationen aus beiden Formen vor [**101**].

1976 wurde die Spinalkanalstenose als ein Zustandsbild definiert, dass unter Ausschluss von Entzündungen (Spondylitis), Tumoren und kompletten Bandscheibenvorfällen, die eine Kompression des Durasacks und/oder der kaudalen Nervenwurzeln verursachen, zur anomalen Verengung des zentralen Spinalkanals und/oder des Nervenwurzelkanals und/oder des Neuroforamens geführt hat [**5**,**29**,**34**,**77**]. Die Verengung kann ein oder mehrere Segmente betreffen. In einem Segment kann der gesamte Kanal oder nur ein Teil des Kanals betroffen sein.

1.5 Ätiologie und Klassifikation der Spinalkanalstenose

Generell können sämtliche Strukturen, die den Wirbelkanal bilden, also Knochen, Bandscheiben und Bindegewebe an einer Spinalkanalstenose beteiligt sein. Die Spinalkanalstenose kann angeboren sein oder durch degenerative oder postoperative Veränderungen entstehen. Außerdem gibt es Mischformen aus angeborenen und erworbenen Ursachen [**56**,**58**].

Nach Krämer spielt die kombinierte Einengung durch osteophytäre Reaktionen an den Gelenkflächen, Bandscheibenprotrusionen nach dorsal und die Verschiebung der Wirbel gegeneinander zusammen mit einer angeborenen Enge des Wirbelkanals die bedeutendste Rolle [**57**].

Angeborene Ursachen

Chondrodystrophie
Wirbelmissbildungen
Idiopathische Wirbelkanalstenose
Hyperlordose
Spondylose / Spondylolisthese

Erworbene Ursachen

Idiopathische Wirbelkanalstenose mit degenerativen Veränderungen
Posttraumatische Ursachen
Degenerative Ursachen
- Bandscheibendegeneration
- Knöcherne Reaktionen an Wirbelkanten und Wirbelgelenken
- Pseudospondylolisthese

Postoperative Wirbelkanalstenose
- Nach Fusionsoperation
- Narbengewebe

Mischformen
- Generalisierte Knochenerkrankungen
- Fluorose
- Morbus Paget

Man unterscheidet außerdem eine multisegmentale, eine monosegmentale, eine zentrale oder laterale Spinalkanalstenose, wobei bei der zentralen Stenose die gesamte Cauda equina, bei der lateralen Stenose nur die entsprechende Nervenwurzel komprimiert wird. Diese Arbeit befasst sich nur mit der monosegmentalen Stenose.

Wie oben bereits erwähnt, spielen für die Entstehung einer Spinalkanalstenose degenerative Vorgänge die größte Rolle. Hauptursache für degenerative Wirbelsäulenveränderungen sind die altersbedingten Involutionsvorgänge in den Bandscheiben, die zu einer Bandscheibenlockerung führen, von Schmorl als „Instabilitas intervertebralis“ bezeichnet [**86**].

Durch diese Instabilität ist insbesondere das hintere Drittel der Bandscheiben betroffen [**4**,**25**]. Bedingt durch die Verschmälerung der Bandscheiben kommt es zu einer Verkürzung des interlaminären Abstandes und zu einer mehr oder weniger ausgeprägten Bandscheibenprotrusion. Die Verschmälerung des dorsalen Anteils der Bandscheibe bewirkt außerdem eine Retrolisthese des cranialen Wirbels und eine Verschiebung nach ventral der oberen Gelenkfacette des caudalen Wirbels [**51**]. Diese Verschiebungen führen zu einer Einengung des lateralen oder zentralen Spinalkanals. Bei einem nicht verengten Recessus kann die Nervenwurzel ausweichen, nicht aber bei degenerativen oder angeborenen Einengungen [**9**].

Durch die Abnahme des interlaminären Abstandes werden die normalerweise straffen Ligamenta flava lockerer und wölben sich in den Spinalkanal vor, die sogenannte

Pseudoverdickung. Diese Pseudoverdickung drückt gegen den Durasack und ist eher für die Symptomatik bei zentraler Stenose verantwortlich. Aufgrund der Bandscheibendegeneration und der dadurch entstandenen Instabilität kommt es zu starken Scherkräften. Diese führen zu Sklerosierungen der Grund- und Deckplatten der Wirbelkörper. Gleichzeitig nimmt die Belastung der Gelenke und Bänder zu. Dies wiederum führt zur Spondylose, einer Osteophytenbildung als Abstützreaktion. Zusätzlich hierzu kann es zu einer Rotation, Verkippung und Translation einzelner Wirbel kommen, was zu einer Skoliose führt [**98**].

Bei älteren Menschen kann es häufig durch Keilwirbelbildung zur Hyperkyphosierung der Wirbelsäule kommen, einer weiteren Ursache für eine Stenosierung des Spinalkanals [**107**].

1.6 Wirbelgleiten

Beim Wirbelgleiten unterscheidet man zwei Arten, die Spondylolisthese mit Unterbrechung der Kontinuität der Gelenkfortsätze und das Wirbelgleiten nach ventral ohne Kontinuitätsunterbrechung, von Junghans als Pseudospondylolisthese bezeichnet [**50**]. Das Wirbelgleiten nach dorsal wird als Retrolisthese bezeichnet, kommt aber fast nur bei kyphotischer Wirbelsäule vor.

Taillard unterscheidet das Wirbelgleiten in folgende Formen [**98**]:

1. die echte Spondylolisthese (spondylotisch, dysplastisch oder traumatisch)
2. die kongenitale Spondylolisthese
3. die pathologische Form der Spondylolisthese (Tumor, Entzündung)
4. die degenerative Spondylolisthese

In dieser Arbeit wird nur auf das degenerative Wirbelgleiten eingegangen.

Ursache für die Pseudospondylolisthese (degenerative Spondylolisthese) sind degenerative Bandscheibenveränderungen, verbunden mit den sich hieraus ergebenden Veränderungen an den Wirbelgelenken. Dies führt zur Lockerung des Bandapparates. Durch diese Gefügelockerung kommt es zu einer dorsoventralen Wirbelverschiebung, am häufigsten bei LW4/5 seltener bei LW3/4. Bei LW5/SW1 wirkt die frontale Stellung der Gelenkflächen einem Wirbelgleiten entgegen. Beim Gleiten eines Wirbels nach ventral kommt es durch die deszendierende Facette des Gleitwirbels zu einer Bedrängung der Dura und der

Nervenwurzeln von dorsal. Durasack und Nervenwurzeln werden also vom unteren Bogenrand, von den unteren Gelenkfortsätzen des Gleitwirbels und von der dorsalen Oberkante des caudalen Wirbels in die Zange genommen [**58**].

Meyerding teilt das Wirbelgleiten in vier Grade ein. Die Gradeinteilung bezieht sich auf die ventrale Verschiebung des Gleitwirbels in Bezug auf die Deckplatte des darunterliegenden Wirbels. Sie wird auf vier gleiche Abschnitte unterteilt, sodass zum Beispiel Meyerding Grad I eine Ventralverschiebung des Gleitwirbels um bis zu 25% des darunterliegenden Wirbelkörpers bedeutet [**69**].

Einteilung nach Meyerding

- Meyerding Grad I: bis 25% Wirbelgleiten
- Meyerding Grad II: bis 50% Wirbelgleiten
- Meyerding Grad III: bis 75% Wirbelgleiten
- Meyerding Grad IV: bis 100% Wirbelgleiten (Spondyloptose)

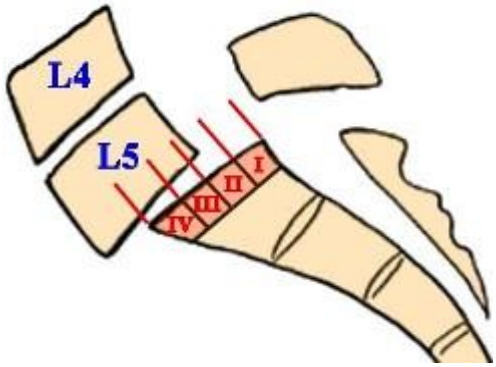


Abbildung 1: Wirbelgleiten nach Meyerding

Eine Sonderform der Pseudospondylolisthese ist das Drehgleiten. Zur dorsoventralen Verschiebung kommt noch eine Rotation des Gleitwirbels hinzu. Dies führt zu einer zusätzlichen Bedrängung des Durasacks von lateral, und zwar von der Seite, zu der der Dornfortsatz gedreht wird [**58**].

1.7 Claudicatio intermittens spinalis

Durch die Enge im Spinalkanal werden nicht nur die nervalen Strukturen komprimiert, sondern auch die Gefäße, die die Dura und die Nerven versorgen. Die positionsabhängige intermittierende Ischämie führt zur Claudicatio spinalis, ausgelöst durch die mangelnde Blutversorgung bei Belastung. In Ruhe ist die Blutversorgung noch ausreichend [**9**].

Durch die muskuläre Tätigkeit der unteren Extremitäten kommt es normalerweise zu einer Erweiterung der Nervenwurzelgefäße. Wegen der Kompression der Gefäße bei der Spinalkanalstenose können sich die Gefäße aber nicht oder nicht ausreichend erweitern. Es kommt zur mangelhaften Blutversorgung der Nervenwurzeln, der Claudicatio intermittens spinalis. Schmerzbedingt legt der Patient eine Ruhepause ein, die Blutversorgung

normalisiert sich, da in Ruhe weniger Blut zur Versorgung der Nervenwurzel benötigt wird. Zusätzlich nehmen die Patienten schmerzbedingt eine kyphotische Haltung ein. Durch diese Kyphose der Lendenwirbelsäule kommt es zu einer Erweiterung des Wirbelkanals. Dies wiederum führt zu einer rascheren Normalisierung der Durchblutung der Nervenwurzeln und somit zu einer schnelleren Schmerzbefreiung. Bei Wiederaufnahme der Muskeltätigkeit beginnt dieser Vorgang von neuem [**9**].

Außerdem kommt es durch die degenerativen Veränderungen im Spinalkanal zur mechanischen Kompression der Nervenwurzeln. Dies führt zu einer Schwellung der Nervenwurzeln und zur Freisetzung von Entzündungsmediatoren [**116**].

Durch die Schwellung der Nervenwurzel und des perineuralen epiduralen Gewebes kommt es zu einer weiteren Einengung. Verstärkt wird diese Einengung noch durch einen Venenstau [**76**]. Dieser Venenstau führt einerseits zu einer weiteren Einengung, zum anderen kommt es zu einer noch schlechteren arteriellen Versorgung, da das gestaute venöse Blut den Zustrom des arteriellen Blutes behindert. Der Venenstau findet sich besonders häufig zwischen zwei stenotischen Segmenten „venous pooling“ [**58**,**76**].

1.8 Symptomatik der lumbalen Spinalkanalstenose

Nicht jede lumbale SKS ist symptomatisch, auch wenn in der bildgebenden Diagnostik ausgeprägte Zeichen einer lumbalen SKS vorliegen. Wenn Beschwerden wie Lumbalgien und/oder Lumboischialgien auftreten oder sich neurologische Symptome einstellen, spricht Krämer von einer lumbalen SKS-Erkrankung [**58**].

Die Patienten klagen über Lumbalgien, Ischialgien oder ischialgieforme Schmerzen, die oft unter Belastung und/oder gehstreckenabhängig auftreten. Die Extensionshaltung der LWS verstärkt die Beschwerden. Dabei kommt es zu einer weiteren Einengung des Spinalkanals durch Verkürzung des Lumbalkanals um einige Millimeter, durch Verdickung des Ligamentum flavum, durch dorsale Protrusion der Bandscheibe und Verengung der Foramina intervertebralia. Dies führt zu einer Claudicatio spinalis Symptomatik. Durch kyphosierende Haltung kommt es zur einen Erweiterung im Wirbelkanal und in den Foramina intervertebralia und damit Entlastung der nervalen Strukturen. Dadurch bessern sich die Beschwerden der Patienten.

Auch wenn die Veränderungen der Spinalkanalstenose früh beginnen, treten die Symptome häufig erst jenseits der sechsten Dekade und selten schon vor der dritten Dekade auf [**88**]. Dies ist auf die zunehmende Degeneration an den Wirbelsegmenten zurückzuführen, die die Stenose verursachen. Wenn die Symptomatik sich aber früh – vor der dritten Dekade – einstellt, liegen häufig kongenitale primäre Stenoseformen vor, die bereits bei leichten degenerativen Veränderungen zur Kompression der nervalen Strukturen führen können.

Eine lumbale SKS führt bei mehr als 85% der Patienten zu belastungsabhängigen lumbalen Schmerzen und bei 90% zu Schmerzen in den Beinen. Die Schmerzen verstärken sich beim Gehen, bei aufrechter Haltung und bei Extension; sie bessern sich in Flexionshaltung. Die Beinschmerzen sind zu ca. 70% einseitig, zu 30% beidseitig. Eine Symptomatik der Claudicatio spinalis wird bei ca. 90% der Erkrankten angegeben, 6% leiden an Miktionsstörungen. Klinisch finden sich Einschränkung der LWS-Flexion bei 40%, Schmerzen bei Reklination bei 79%, ein positives Lasèguesches Zeichen bei ca. 12%, Parästhesien bei 32%, Paresen bei 27% und ein Reflexverlust bei 64% [**88**].

Man unterscheidet nach Delank und Eysel folgende Formen des klinischen Erscheinungsbildes einer lumbalen Spinalkanalstenose [**29**]:

1. Pseudoradikuläres Syndrom (Facettensyndrom)
    a. Lumbalgie mit Ausstrahlung in entfernte nicht radikuläre Schmerzzonen
    b. Keine radikulären Ausfälle.
2. (Mono-)radikuläres Syndrom
    a. Segmentale Schmerzen
    b. Radikuläre sensible und motorische Ausfälle (Kennmuskeln)
    c. Gestörte Muskeleigenreflexe der Beine
    d. Störung der Schweißsekretion
3. Caudasyndrom
    a. Ischiasartige Schmerzen
    b. (Multi-)radikuläre sensible Störungen überwiegend ab L4 abwärts
    c. Reithosen Dysästhesie
    d. Schlaffe Paresen der Beine
    e. Potenzstörungen und Blasen- / Mastdarminkontinenz
    f. Gestörte Muskeleigenreflexe der Beine

1.9 Diagnostik der lumbalen Spinalkanalstenose

1.9.1 Anamnese

Wichtig für die Diagnostik einer lumbalen SKS sind vor den bildgebenden Verfahren und neben der körperlichen Untersuchung die sorgfältige Anamnese und die Schmerzanalyse. Richtungsweisende Kriterien sind die Vorgeschichte der Rücken- und Beinbeschwerden, die Dauer dieser Beschwerden und die Umstände, die diese Beschwerden verstärken oder lindern. Ebenso müssen die Beschwerden einer Claudicatio spinalis von der Claudicatio intermittens der arteriellen Durchblutungsstörungen abgegrenzt werden. Bei der peripheren arteriellen Verschlußkrankheit (pAVK) kommt es wegen der Gefäßeinengungen bei muskulärer Tätigkeit der Beine zur arteriellen Minderversorgung und zu Schmerzen in den Beinen, die die Patienten zum Stehen zwingen. Die Patienten geben eine Besserung an, sobald sie stehenbleiben und somit die Beinmuskulatur keinen erhöhten Sauerstoffbedarf mehr hat. Diese Beschwerden sind nicht radikulär. Typische Zeichen einer lumbalen SKS sind im Vergleich zur pAVK rein radikuläre Irritationen oder Kompressionszeichen. Bei der Claudicatio spinalis kommt es erst zu einer Besserung der Beschwerden, wenn die Patienten eine gebückte kyphotische Haltung einnehmen oder sich nach vorne gebeugt hinsetzen. Das Stehen und das Gehen, insbesondere das Bergabgehen verstärken die Rücken- und Beinschmerzen. Dabei kommt es zu einer Verstärkung der Lordose und zu einer weiteren Einengung des Lumbalkanals, was in den Beinen zu Gefühlsstörungen und muskulärer Schwäche führt.

Sheehan beschreibt verschieden stark ausgeprägte Blasenfunktionsstörungen, die aber von den Patienten oft nicht bemerkt werden [**92**]. Auch Deen fand bei 45% seiner Patienten ein erhöhtes Restharnvolumen, das sich nach einer Dekompression verminderte [**27**]. Durch eine sorgfältige Anamnese einschließlich der Frage nach der bisher durchgeführten Therapie, verbunden mit einer ebenso sorgfältigen klinischen Untersuchung, lassen sich differentialdiagnostische Erkrankungen wie Arthrosen der Hüft- und Kniegelenke, arterielle Durchblutungsstörungen oder eine Polyneuropathie abgrenzen.

1.9.2 Klinische Befunde

Das Gangbild und die Körperhaltung können zusammen mit der Schmerzangabe einen Hinweis auf das Ausmaß der Erkrankung geben. Bei der körperlichen Untersuchung findet sich häufig eine schmerzbedingt eingeschränkte Beweglichkeit der Lendenwirbelsäule. Es

können Reflexabschwächungen, Reflexausfälle, Paresen und Sensibilitätsstörungen unterschiedlicher Ausprägungen auftreten. Gesteigerte Reflexe schließen nach Krämer ein lumbales Spinalkanalstenosesyndrom aus [**57**].

Das Nervendehnungszeichen nach Lasègue ist gewöhnlich negativ und spricht bei positivem Ausfall für eine mehr lateral gelegene Einengung des Spinalkanals. Zur differenzialdiagnostischen Abklärung einer Claudicatio spinalis gegenüber einer arteriellen Claudicatio ist die Prüfung des Gefäßstatus mit Palpation der Fußpulse und Inspektion der Haut der unteren Extremitäten auf beginnende trophische Störungen notwendig. Die Untersuchung von Hüft- und Kniegelenken geben Anhalt für Arthrosen. Besonders bei Diabetikern mit schlecht eingestelltem Zucker oder langer Krankheitsdauer muss auch an eine Polyneuropathie gedacht werden, die ebenfalls Hyp- und Parästhesien verursachen kann.

1.9.3 Radiologische Diagnostik

Früher wurden zunächst konventionelle Röntgenaufnahmen der LWS in zwei Ebenen zum Nachweis von Formveränderungen oder anderen pathologischen Veränderungen angefertigt. Diese Aufnahmen sind heute durch hochauflösende Schnittbildverfahren wie Spiral-Computertomographie oder Magnetresonanztomographie nicht mehr erforderlich, außer bei Segmentationsanomalien oder beim Vorliegen eines Wirbelgleitens. Bei Wirbelgleiten sind Funktionsaufnahmen in Ante- und Retroflexion durchzuführen, um das Ausmaß einer Instabilität zu prüfen.

Nach erfolgtem Ausschluss anderweitiger Erkrankungen der Wirbelsäule und bei weiterbestehendem Verdacht auf eine lumbale SKS sollte zur Verifizierung und zur Bestimmung des Ausmaßes der lumbalen SKS nach Möglichkeit als erste diagnostische Wahl eine Magnetresonanztomographie durchgeführt werden. Neben den Knochen werden im MRT auch die Weichteile wie Bandscheiben, Bandapparat und Nervenstrukturen dargestellt. Durch ein CT – vor allem durch ein Spiral-CT mit 3D Schichten – können ebenfalls Informationen über das Ausmaß der Stenose und über Formveränderungen der LWS gewonnen werden. Durch diese Art Schnittbild kann gezielt die Operationsplanung durchgeführt werden. Bei unklaren Befunden im MRT und CT kann allerdings eine zusätzliche Untersuchung in Form einer Kombination aus Myelographie und Computertomographie zur Darstellung des Liquorraumes im Spinalkanal oder in den

Neuroforamina erfolgen. Speziell die Abbildung des kontrastmittelgefüllten Durasacks in Funktionsstellungen erlaubt die exakte Beurteilung auch der dynamischen Stenosierung und damit die Wahl eines korrekten Operationsverfahrens [**101**].

1.9.4 Elektrophysiologische Untersuchungen

Nicht immer stimmen klinische und radiologische Befunde überein. Deswegen sollte in diesen Fällen zur weiteren Abklärung eine elektromyographische Untersuchung (EMG) durchgeführt werden. Das EMG dient insbesondere zur Abgrenzung einer lumbalen SKS von einer Polyneuropathie. Außerdem kann das EMG hilfreich sein, die bei nachgewiesener lumbaler SKS über mehrere Segmente am stärksten betroffenen Segmente zu identifizieren, wie z.B. S1-Syndrom bei Stenose LW3/4 oder LW4/5. Zur Vermeidung von Instabilitäten sollten nur die klinisch relevanten Stenosen operiert werden [**58**].

1.10 Therapie der lumbalen Spinalkanalstenose

Die Therapie der lumbalen Spinalkanalstenose richtet sich nach dem Schweregrad und dem Beschwerdebild der Erkrankung. Krämer teilt die Schmerzen und die Gehstrecke in drei Schweregrade ein [**58**].

Schmerzgrad I: Gelegentlich auftretende mäßige Schmerzen, in ein Bein oder beide Beine ausstrahlend. Analgetika werden nicht oder nur gelegentlich benötigt.

Schmerzgrad II: Mittelgradige Schmerzen erfordern vor allem bei längerem Gehen und Stehen häufiger Analgetika.

Schmerzgrad III: Schmerzen, die auch in Ruhe noch bemerkbar sind und bei Belastung unerträglich werden, benötigen stärkste Schmerzmittel.

Zwischen den Schmerzgraden I-III gibt es innerhalb von Tagen oder Wochen belastungsabhängige Schwankungen.

Gehstrecke I: Die typischen Beschwerden in den Beinen (Schmerzen, Kraftlosigkeit und Parästhesien) treten erst nach 500 m oder mehr ununterbrochener Gehstrecke auf.

Gehstrecke II: Die schmerzfreie Gehstrecke beträgt deutlich weniger als 500 m. Der Patient legt wegen der Schmerzen, Kraftlosigkeit und Parästhesien in den Beinen häufiger Pausen ein. Er meidet Spaziergänge, Einkäufe etc.

Gehstrecke III: Schon nach wenigen Schritten Schmerzen und Kraftlosigkeit in den Beinen, mit Medikamenten kaum beherrschbar.

Die Operationsindikation bei lumbaler SKS definiert Krämer wie folgt [**58**]:

Keine Operationsindikation besteht bei Patienten mit Schmerzgrad I und einer schmerzfreien Gehstrecke von über 500 m.

Relative Operationsindikation: Patienten mit Schmerzgrad II und/oder Gehbeeinträchtigung nach Gehstrecke II. Ausschlaggebend sind hierbei nicht die neurologischen Ausfälle sondern die Beeinträchtigung der Lebensqualität.

Absolute Operationsindikation: Patienten mit Schmerzgrad III und/oder Gehbeeinträchtigung nach Gehstrecke III

1.10.1 Konservative Therapie

Konservativ werden jene Patienten behandelt, bei denen keine absolute oder nur eine relative Operationsindikation besteht. Bei Patienten mit einer relativen Operationsindikation sollte zuerst eine konservative Therapie durchgeführt werden. Diese besteht unter anderem darin, den Patienten zu motivieren trotz Schmerzen seine Aktivitäten fortzuführen. Aufgrund der komplexen Problematik ist ein multimodaler und multidisziplinärer Ansatz anzuwenden [**117**].

Amundsen et al. wiesen in ihrer über zehn Jahre dauernden Langzeitstudie nach, dass zuerst konservativ behandelte Patienten, bei denen später doch eine Operation durchgeführt werden musste, keine schlechteren Ergebnisse als früh operierte Patienten aufwiesen [**3**].

Die konservativen Maßnahmen bestehen einerseits aus einer medikamentösen Therapie in Form von Analgetika, beginnend mit nichtsteroidalen Antirheumatika über Opioide bis hin zu den Opiaten und Muskelrelaxantien, ggf. zusätzlich die Gabe von Antidepressiva und Antikonvulsiva. Andererseits kommt auch die Physiotherapie einschließlich Hydro- und Balneotherapie zum Muskelaufbautraining der autochthonen Rückenmuskulatur und der Bauchmuskulatur zum Einsatz. Als dritte Maßnahme kann eine Flexionsorthese zur Entlordosierung der Lendenwirbelsäule eingesetzt werden [**57**,**88**].

Schon invasive Maßnahmen der konservativen Therapie sind lokale Injektionen periradikulär und Facetteninfiltrationen mit Lokalanästhetika in Kombination mit Corticosteroiden. Fukusaki et.al. geben jedoch an, dass die zusätzliche Gabe von Corticosteroiden nicht zu einer weiteren Verbesserung der Beschwerden führt [**38**,**89**].

Da die konservativen Maßnahmen natürlich nichts an den anatomischen Veränderungen bewirken können, bleibt die Krankheitsursache bestehen. Der natürliche Verlauf der lumbalen SKS ist progredient und die Beschwerden verstärken sich mit der Zeit [**30**,**94**].

1.10.2 Operative Therapie

Bei fortbestehenden, die Lebensqualität stark beeinträchtigenden Beschwerden bleibt als letzte Option die operative Dekompression. Allerdings sollte man bei Hochrisikopatienten mit operativen Maßnahmen sehr zurückhaltend sein, da es sich bei der lumbalen Spinalkanalstenose nicht um eine vital gefährdende Erkrankung handelt [**29**].

Atlas und Mariconda haben gezeigt, dass vier Jahre nach einer Operation einer lumbalen Spinalkanalstenose die operierten im Gegensatz zu den konservativ behandelten Patienten einen deutlichen Vorteil hatten [**7**,**64**]. Nach zehn Jahren allerdings gab es keinen Unterschied mehr zwischen operierten und konservativ therapierten Patienten [**8**].

Die Operationsverfahren bei einer lumbalen Spinalkanalstenose unterteilen sich in reine Dekompressionsoperationen und Dekompression mit zusätzlicher Fusion. Das Ziel bei der operativen Therapie ist die optimale Dekompression der nervalen Strukturen unter Berücksichtigung der stabilisierenden Gelenkportionen. Die Dekompression wird entweder als komplette Laminektomie mit Entfernung des ganzen Wirbelbogens einschließlich Dornfortsatz und des Lig. interspinale durchgeführt oder als interlaminäre Dekompression mit Entfernung des Lig. flavum und angrenzender Bogenanteile bzw. in den Wirbelkanal ragender Anteile der Wirbelgelenkfacetten. Ist zur Dekompression die Entfernung der tragenden Gelenkanteile zwischen den Pedikeln notwendig, muss zusätzlich eine Fusion angeschlossen werden. Eine Fusion ist auch bei einem degenerativen Wirbelgleiten erforderlich, wenn Funktionsaufnahmen eine Segmentinstabilität zeigen und/oder der Gleitvorgang progredient ist [**57**].

Je nach Klinik und radiologischem Befund erfolgt die Dekompression ein- oder beidseitig, in einer oder mehreren Etagen. Bei einseitigem Zugang kann auch teilweise die Gegenseite durch Undercutting der Laminae entlastet werden. Wenn eine Stabilisierung erforderlich ist, kann die Fusion durch eine spinale Instrumentation ergänzt werden, bei der eine zusätzliche Stabilisierung durch ein Pedikelschrauben-Stabsystem erfolgt. Bei spinaler Instrumentation kann neben der interkorporalen Fusion auch eine Fusion zwischen den

Querfortsätzen der Wirbel durch Knochenspäne oder lokal appliziertes Knochenmehl erfolgen (intertransversale Fusion) [**89**].

Die Instabilität ist nicht klar definiert. Bei alleiniger Dekompression wird die Häufigkeit eines Wirbelgleitens nach Delank zwischen 10-12% angegeben. Es sollte jedoch eine simultane Stabilisierung zu einer Dekompression erfolgen wenn präoperativ bzw. intraoperativ folgende Kriterien vorliegen [**29**].

- Spondylolisthese > 2 mm
- Segmentaler Skoliosewinkel > 10°
- Verschmälerung des Intervertebralraumes > 25%
- Traction spur
- Lebensalter < 60 bei aktiven Patienten
- Dekompression oberhalb der Beckenkammlinie
- Totale Facettektomie
- Simultane Nukleotomie

Nach Thomé sollte eine Stabilisierung im Anschluss an eine Dekompressionsoperation durchgeführt werden, wenn eines der folgenden Kriterien vorliegt [**100**].

- Mobilität auf Funktionsaufnahmen von > 4 mm
- Spondylolisthesis von > 5 mm
- Degenerative Lumbalskoliose von > 20°

Stabilisierungsverfahren bei lumbaler Spinalkanalstenose

Die traditionelle Dekompression einer Spinalkanalstenose besteht in der breiten Laminektomie mit Entfernung der medialen Facettgelenke und der Foraminotomie. Die Probleme bestehen bei der Laminektomie in dem großen lokalen Gewebetrauma [**2**,**3**,**5**] und in der postoperativen Instabilität des Wirbelsegments [**47**,**55**,**105**,**115**]. Das Bestreben die Instabilität zu vermeiden, führte zu einem starken Anstieg der Lendenwirbelfusionen [**19**,**31**,**60**].

Die Mehrheit der Autoren ist aber der Meinung, dass eine alleinige Dekompression ausreiche und eine Stabilisierung erst bei Auftreten einer Instabilität sekundär erfolgen sollte [**54**,**103**]. Unumstritten ist es, bei nachgewiesener Instabilität zur Dekompression simultan eine Fusion anzuschließen [**29**,**33**,**100**,**113**].

Nachteile einer simultanen Fusionsoperation

1. Gefahr der Nervenverletzung durch fehlplatzierte Schrauben
2. Erhöhte Infektionsgefahr
3. Allergische Reaktionen auf das implantierte Material
4. Ausbrechen der Schrauben bei Osteoporose
5. Verlängerung der Operationszeit
6. Größerer Blutverlust, große Wundfläche
7. Gefahr einer Instabilität in benachbarten Bewegungssegmenten
8. Hohe Therapiekosten

Alleinige Dekompressionsverfahren

Mit dem Ziel eine bestmögliche Dekompression der nervalen Strukturen unter einer weitestgehenden Schonung der stabilitätsgebenden Knochen und Bänder zu erzielen wurden verschiedene Operationstechniken entwickelt, wie zum Beispiel die beidseitige Laminotomie oder die minimalinvasive unilaterale Laminotomie mit kontralateraler Dekompression durch Undercutting. Die bisher als Standard geltende Laminektomie wird zunehmend durch die minimalinvasiven Eingriffe ersetzt [**17**,**37**,**82**,**102**]. Begünstigt wurde diese Entwicklung durch die exakte präoperative bildgebende Diagnostik mittels CT oder MRT und durch den intraoperativen Einsatz des Operationsmikroskops [**66**,**68**].

Vorteile der Laminektomie gegenüber der Laminotomie sind

1. Eine bessere Übersicht im Operationsfeld und damit eine geringere Gefahr einer Duraverletzung [**78**]
2. Kürzere Operationszeit

Nachteile der Laminektomie

1. Ein verstärktes Operationstrauma der Rückenmuskulatur mit entsprechender Atrophie dieser Muskulatur [**67**,**90**]
2. Eine Zunahme der Instabilität (deswegen fordern einige Autoren auch eine simultane Fusionsoperation) [**10**,**41**,**44**]
3. Eine Entstehung einer großflächigen Verbindung zwischen Epiduralraum und der paravertebralen Muskulatur durch Entdachung des Spinalkanals mit der Gefahr einer Ausbildung einer großflächigen Narbenplatte; dadurch Möglichkeit einer erneuten Kompression der nervalen Strukturen [**66**]
4. Ein größerer Blutverlust

Vorteile der minimalinvasiven Dekompressionen

1. Erhalt der Stabilität
2. Geringeres Operationstrauma, auch der Rückenmuskulatur
3. Geringerer Blutverlust
4. Frühere Mobilisation
5. Geringerer postoperativer Analgetikabedarf
6. Kürzere Krankenhausverweildauer
7. Gute Langzeitergebnisse über 5 Jahren [**19**,**24**,**73**]

Nachteile der minimalinvasiven Dekompression

1. längere Operationsdauer als bei der Laminektomie
2. Verstärkte Gefahr der Nervenverletzung [**78**,**91**]

Es wird in dieser Arbeit die Methode der Laminektomie (LEK) mit der minimalinvasiven Methode der Laminotomie mit unilateralem Zugang bilateral in Cross-Over Technik (MUL) bei einer monosegmentalen lumbalen Spinalkanalstenose verglichen. Deswegen werden in dieser Arbeit auch nur diese beiden Operationsverfahren beschrieben.

1.10.3 Operationsverfahren bei Laminektomie

Die im Jahre 1900 von Sachs und Fränkel beschriebene und durchgeführte Laminektomie gilt als das Dekompressionsverfahren, das die besten Langzeiterfolge hat [**36**]. Sie wird bis heute in mehr oder minder modifizierter Form entweder alleine oder in Verbindung mit einer Spondylodese zur Vermeidung einer Instabilität durchgeführt. Außerdem wurde sie häufig kombiniert mit Eingriffen zur Erweiterung der Foramina intervertebralia durch Facettektomie oder Foraminotomie [**32**,**65**,**93**,**96**,**111**].

Für die komplette Laminektomie ist schon bei der monosegmentalen Stenose ein breiter Zugang notwendig; erst recht gilt dies bei Erkrankungen wie der Achondroplasie, der idiopathischen Spinalkanalstenose und dem M. Paget, die sich ja über mehrere Segmente erstrecken.

Bei der kompletten Laminektomie wird bis auf die Interartikularportion der Wirbelbogen, der Dornfortsatz und das ligamentum flavum bis zur medialen Pedikelbegrenzung entfernt. Bei Entfernung auch der tragenden Gelenkanteile muss auf jeden Fall eine Fusion angeschlossen werden.

Nach der Einleitung der Narkose wird der intubierte Patient in Bauchlage auf einer speziell angefertigten Kunststoffbank (Wilsonbank) gelagert. Die Bank weist eine freie Öffnung auf, damit das Abdomen frei hängen kann. Dadurch wird eine intraabdominelle Drucksteigerung vermieden, die intraoperativ zu vermehrter venöser Blutung führen könnte [**12**]. Wie bei jeder Operation ist hier darauf zu achten, dass der Patient druck- und spannungsfrei gelagert ist, der Kopf liegt dabei auf einem Gelkissen. Die Augen werden durch Augenabdeckpflaster geschützt. Präoperativ muss das Operationssegment mit einer Kanüle unter Röntgendurchleuchtung – vor allem kranial der Segmente LW3/4 und bei adipösen Patienten – markiert werden.

Nach üblicher Hautdesinfektion des Operationsgebiets und steriler Abdeckung erfolgt der Hautschnitt von 5-6 cm in Längsrichtung in der Mittellinie in Höhe des stenosierten Segments unter Berücksichtigung der Nadeleinstichstelle.

Es folgt die scharfe Durchtrennung des subkutanen Gewebes unter Blutstillung mittels bipolarer Pinzette und Darstellung und Inzision der dorsalen Muskelfaszie beidseits des

Dornfortsatzes. Anschließend wird die autochthone Rückenmuskulatur beidseits entlang der Laminae nach lateral verschoben.

Dann wird mittels des Langenbeck-Hakens ein Muskelretraktor eingesetzt. Es erfolgt danach durch erneute Röntgenkontrolle die Bestätigung, dass der präparierte Operationszugang auch wirklich dem zu dekomprimierenden Segment entspricht. Nach Inzision des Ligamentum interspinosum erfolgt die Abtragung des Dornfortsatzes durch die Liston-Schere bzw. mit der Lühr-Zange. Zur Abflachung der zu entfernenden Wirbelbögen wird die Lühr-Zange oder oft auch eine High-Speed-Fräse zur Hilfe genommen. Zwischen zwei Laminae wird das Ligamentum flavum dargestellt und die Lamina sowie das Ligamentum flavum vollständig exzidiert. Bei älteren Patienten bestehen oft Verwachsungen zwischen der Dura und dem teilweise verkalkten Ligamentum flavum als Folge der Atrophie durch Degeneration und chronischen Druck. Bei der Exzision des Ligamentum flavum muss man auf diese Verwachsungen achten, um Duraverletzungen zu vermeiden. Die Lamina wird im Bereich der Stenose mit Hilfe einer Knochenstanze bis zu den angrenzenden Laminae abgetragen. Von den spondylarthrotischen Wirbelgelenken werden die medialen Anteile ebenfalls abgetragen und der laterale Rand des Durasacks dargestellt. Falls auch hier eine knöcherne Enge besteht, werden die Nervenwurzeln im Bereich des Recessus lateralis dekomprimiert. Wenn dennoch der Durasack weiterhin komprimiert ist, müssen auch die angrenzenden Laminae teilweise abgetragen werden. Nachdem die nervalen Strukturen vollständig dekomprimiert wurden, erfolgt die sorgfältige Blutstillung. Anschließend wird eine subfasziale Redon-Drainage ohne Sog angelegt. Durch die Drainage ohne Sog soll bei intraoperativ nicht entdeckter Duraläsion ein stärkerer Liquorverlust vermieden werden. Danach erfolgt der schichtweise Wundverschluss durch Adaptation der Muskulatur, anschließend die Subcutannaht und zuletzt der Hautverschluss durch eine Intracutannaht.

1.10.4 Operationsverfahren bei minimalinvasiver unilateraler Laminotomie mit bilateraler Dekompression in Cross-Over Technik

Um das Ziel einer Dekompression möglichst schonend zu erreichen, ist statt der lange üblichen und auch bis heute noch durchgeführten Laminektomie als neues minimal-invasives Verfahren die interlaminäre Mikrodekompression (Laminotomie) entwickelt worden. Benini fordert bei einer Spinalkanalstenose eine umschriebene Dekompression ohne Laminektomie [**9**].

Minimalinvasive Dekompression bedeutet Zugang zu den die Stenose verursachenden Strukturen in der diskalen Ebene. Die mikrochirurgische Dekompression mit minimal-invasiven Techniken erfolgt je nach Krankheitsbild durch eine uni- bzw. bilaterale Laminotomie oder aber durch eine unilaterale Laminotomie bilateral in Cross-Over Technik.

Die Narkoseeinleitung, die Lagerung des intubierten Patienten in Bauchlage und die Markierung der Operationshöhe durch Röntgenkontrolle verläuft ebenso wie bei der oben beschriebenen Laminektomie. Diese Operation wird mit Einsatz des Operationsmikroskops durchgeführt. Die Laminotomie wird auf der Seite gewählt, auf der der Patient die meisten Beschwerden verspürt, oder auf der Seite, die vom radiologischen Befund her am stärksten betroffen ist.

Beim Hautschnitt geht man ebenso wie bei der Laminektomie vor, die Schnittlänge beträgt bei dieser Methode aber nur ca. 2-3 cm in Längsrichtung in der Mittellinie. Die Inzision der Muskelfaszie erfolgt auf der Seite, auf der die Laminotomie durchgeführt wird. Die autochthone Rückenmuskulatur wird nach lateral verschoben. Mittels des Langenbeck-Hakens wird der Muskelretraktor eingesetzt. Der Dorn zeigt dabei nach medial. Nach intraoperativer Röntgenkontrolle der zu operierenden Höhe wird das Operationsmikroskop eingesetzt. Es wird der Unterrand der Lamina mit Hilfe der High-Speed-Fräse in der oberen interlaminären Ecke abgetragen, dann erfolgt die Abtragung des lateralen knöchernen Randes im interlaminären Fenster. Das Ligamentum flavum wird im gesamten interlaminären Bereich reseziert. Da das Ligamentum flavum aufgrund des chronischen Reizzustandes mit der Dura verwachsen sein kann, muss hier sehr vorsichtig präpariert werden, um eine Eröffnung des Liquorraumes zu vermeiden. Anschließend werden die oberen Anteile des darunter liegenden Bogens abgetragen. Nach Identifikation des lateralen Randes von Dura und austretender Nervenwurzel werden die medialen Anteile des unteren Gelenkfortsatzes und die Reste des Ligamentum flavum entfernt, bis die Wurzel frei beweglich ist. Anschließend wird der Operationstisch zur Gegenseite des Operateurs gekippt. Das Operationsmikroskop wird neu justiert. Nun wird das Ligamentum flavum der Gegenseite entfernt. Die gegenseitige Lamina wird mit Hilfe der High-Speed-Fräse von der Ventralseite her abgeflacht, um den Caudasack von dorsal her zu dekomprimieren. Die medialen Gelenkanteile werden mittels einer feinen Knochen-stanze so weit abgetragen, bis die gegenseitige Nervenwurzel im Recessus lateralis

dekomprimiert ist. Anschließend erfolgt die sorgfältige Blutstillung. Je nach Notwendigkeit des Operationssitus wird eine Drainage eingelegt. Auch hier ist darauf zu achten, dass die Drainage ohne Sog passiv fördert, um bei eventuellen nicht bemerkten Duraläsionen keinen massiven Liquorverlust zu erzeugen. Anschließend erfolgt der schichtweise Wundverschluss unter Rekonstruktion der Faszien, dann die Subcutannaht und abschließend die Hautnaht durch eine Intracutannaht.

2 Fragestellung und Zielsetzung

Die operative Dekompression einer lumbalen Spinalkanalstenose bei therapieresistenten Schmerzen und Beschwerden und/oder neurologischen Defiziten ist heute unumstritten [**6**] [**20**] [**63**]. Umstritten ist aber, ob bei einer Dekompression eine primäre Fusion angeschlossen werden sollte [**44**]. Die Befürworter einer primär angeschlossenen Spondylodese gehen davon aus, dass eine Dekompression zwangsläufig eine Instabilität zur Folge hat [**10**].

Die meisten Autoren empfehlen jedoch, wenn nicht schon vorher eine Instabilität vorlag, zunächst nur eine Dekompression mittels Laminektomie bzw. einer minimalinvasiven Laminotomie. Erst bei Auftreten einer Instabilität sollte eine Fusion angeschlossen werden [**30**,**33**,**83**].

Da mit steigendem Alter auch die Multimorbidität zunimmt, sind die Risiken einer Operation bei aufwendigen Spondylodeseverfahren aufgrund einer längeren Operationszeit, eines größeren Operationstrauma und eines vermehrten Blutverlustes erhöht. Daher ist es wichtig, älteren Patienten ein Operationsverfahren anzubieten, das bei gleichem Erfolg weniger traumatisierend ist, das eine möglichst kurze Operationszeit hat und das das Risiko einer operationsbedingten Instabilität möglichst gering hält. Dieses ist bei den minimalinvasiven Dekompressionsverfahren der Fall.

In dieser Arbeit werden in einer prospektiven Studie die zwei Operationsverfahren, die **M**inimalinvasive **U**nilaterale **L**aminotomie mit bilateraler Dekompression in Cross-Over Technik und die Laminektomie bei monosegmentaler lumbaler Spinalkanalstenose verglichen. Ziel dieses Vergleiches ist es, herauszufinden, ob eine der beiden Operationsmethoden der anderen überlegen ist. Außerdem soll anhand der klinischen Daten überprüft werden, wie oft bei einer der beiden Methoden eine Instabilität entsteht oder eine bereits bestehende Pseudospondylolisthese verstärkt wird.

3 Patienten und Methoden

3.1 Ein- und Ausschlusskriterien

Alle in diese prospektive Studie aufgenommenen Patienten wurden in der neurochirurgischen Abteilung der Asklepios-Klinik Altona in Hamburg behandelt. Die Aufnahme der Patienten in diese Studie fand von Januar 2006 bis August 2007 statt. Die Studie wurde nach einem zwölfmonatigen Beobachtungszeitraum 2008 beendet.

Eingeschlossen in diese Studie wurden alle Patienten, die folgende Kriterien erfüllten

1. Monosegmentale symptomatische lumbale Spinalkanalstenose
2. Begleitende Pseudospondylolisthese bis maximal Grad I nach Meyerding. Die Patienten durften allerdings in den Röntgenfunktionsaufnahmen keine mobile Spondylolisthese aufweisen.

Von der Studie ausgeschlossen wurden Patienten mit folgenden Kriterien

1. Bandscheibenvorfall oder Synovialzysten in dem zu operierenden Segment
2. Eine Voroperation in dem zu operierenden Segment
3. Vorangegangene Dekompression einer Stenose- oder Stabilisierungsoperation im Bereich der Lendenwirbelsäule
4. Eine nachgewiesene Hypermobilität in dem zu operierenden Segment oder eine Pseudospondylolisthese stärker als Grad I nach Meyerding
5. Primär geplante Spondylodese

3.2 Patientenkollektiv

Anfänglich wurden 104 Patienten in die Studie aufgenommen, zur Folgeuntersuchung nach einem Jahr konnten die Daten von noch 96 Patienten erhoben werden. Von den acht ausgeschiedenen Patienten wurde einer wegen einer akut aufgetretenen schweren Demenz ausgeschlossen, vier lehnten die Folgeuntersuchung nach einem Jahr ab, drei waren unbekannt verzogen. Die verbliebenen 96 Patienten verteilten sich gleichmäßig zu je 48 auf beide Gruppen.

Die Patienten, die mittels der **M**inimalinvasiven **U**nilateralen **L**aminotomie mit bilateraler Dekompression in Cross-Over Technik operiert wurden, bilden die **Gruppe MUL.** Die Patienten, bei denen eine **L**amin**ek**tomie durchgeführt wurde, bilden die **Gruppe LEK.**

Bei dem Alter, dem Geschlecht und den Begleiterkrankungen der Patienten gab es keinen signifikanten Unterschied (s. Seite 35, Tabelle 3).

3.3 Wahl der Operationsmethode

Die Studie war nicht randomisiert. Die Wahl der Operationsmethode traf jeder Operateur nach eigenem Ermessen.

3.4 Numerische Analogskala (NAS)

Für einige Auswertungen wurde eine numerische Analogskala zur Dokumentation angewandt. Die numerische Analogskala ist eine Skala in der Regel zwischen 0 und 10, der bestimmte, nicht direkt messbare Daten zugeordnet werden.

NAS bei der Schmerzintensität

Der Patient gibt seine Schmerzen auf einer Zahlenreihe zwischen zwei Extremwerten an. Man unterscheidet bei der Schmerzmessung die numerische Analogskala von der visuellen Analogskala (VAS). Bei der visuellen Analogskala ist die Strecke nur durch die Endpunkte markiert; bei der numerischen Analogskala ist die Strecke durch Zahlen von 0 bis 10 unterteilt. Dabei bedeutet 0, dass der Patient keine Schmerzen hat und 10 bedeutet, dass der Patient maximal vorstellbare Schmerzen erleidet. Der Patient kreuzt die entsprechende Zahl an; diese Zahl wird als der jeweilige Schmerzwert dokumentiert [**59**].

NAS bei der Gehstrecke

Die numerische Analogskala wurde ebenfalls zur Beurteilung der Gehstrecke angewandt. Die Gehstrecke wurde erfragt und von den Patienten in Metern angegeben. Diese Angaben in Metern wurden zur mathematischen Berechnung in Gehstreckenbereiche eingeteilt und in die numerische Analogskala umgesetzt. Nach dieser Skala bedeutet 0=keine Einschränkung, 10=Gehunfähigkeit. Zusätzlich ergab sich dadurch eine Einstufung in „keine“, „leichte“, „mäßige“ und „starke“ Einschränkung der Gehfähigkeit, sowie Immobilität. (s. Seite 27, Tabelle 1).

Tabelle 1: Einteilung der NAS Skala für die Gehstrecke

Gehstrecke (in Metern)	0-10	11-30	31-50	51-100	101-200	201-300	301-400	401-600	601-800	801-1000	Keine Einschränkung
NAS	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Einschränkung	Immobilität	stark			mäßig			leicht			keine

3.5 Die Untersuchungsabläufe und Vergleichskriterien

Die Studienteilnehmer wurden präoperativ, postoperativ bei der Krankenhausentlassung und ein Jahr nach der Operation klinisch untersucht und anhand von selbstentworfenen Fragebögen befragt (s. Seite 78ff., Kapitel 8.1.1 bis 0). Die objektiven klinischen Befunde waren direkt vergleichbar. Um auch die subjektiven Angaben der Patienten bei den drei Befragungen vergleichbar zu machen, wurden sowohl die numerische Analogskala (NAS) als auch der Oswestry Disability Index angewandt.

Die klinischen Daten und Verläufe wurden für das Gesamtkollektiv und jeweils für die Vergleichsgruppen einzeln erhoben und miteinander verglichen. Die radiologischen Nachuntersuchungen wurden nach anamnestischen und klinischen Erkenntnissen und Erfordernissen durchgeführt. Ein Teil der Patienten brachte bereits zwischenzeitlich ambulant durchgeführte Schnittbilder und Nativaufnahmen zur Folgeuntersuchung nach einem Jahr mit.

Zum Vergleich der Operationsergebnisse zwischen der Laminektomiegruppe (LEK) und der Laminotomiegruppe (MUL) wurden die in den folgenden Kapiteln ausgeführten Kriterien herangezogen.

3.5.1 Dauer und Art der Symptomatik

Die Dauer der Schmerzen wurde in Monaten angegeben, jeweils getrennt nach Lumbalgien und rechtseitigen, linksseitigen oder beidseitigen Ischialgien. Unterschieden wurde auch nach radikulären und pseudoradikulären Beschwerden. Ebenso wurde nach medikamentöser und physiotherapeutischer Behandlung gefragt.

3.5.2 Schmerzverlauf

Nach einem selbstentworfenen Fragenkatalog mit zehn Fragen (s. Seite 79, Tabelle 8) wurde die Schmerzintensität in verschiedenen Alltagsabläufen bei den jeweiligen

Untersuchungen ermittelt. Die Patienten gaben zu jeder Frage in einer numerischen Analogskala von 0 bis 10 Punkten jeweils ihre Schmerzintensität an. 0 bedeutete keine Schmerzen, 10 unerträgliche Schmerzempfindung. Der Fragenkatalog war gegliedert nach der Schmerzintensität im Liegen, im Sitzen, beim Bücken oder Aufrichten, im Stehen, Gehen in der Wohnung sowie außerhalb des Hauses, bei Alltagsbelastungen, beim Treppensteigen, bei der Körperpflege und bei körperlicher Anstrengung. Die Antworten zu den Fragen wurden jeweils gesondert für die Lumbalgien, und Ischialgien im rechten und im linken Bein dokumentiert. Jede dieser drei Schmerzlokalisationen erhielt ihren eigenen Mittelwert von 0 bis 100 Punkten, deren Durchschnittswert zum Vergleich herangezogen und in Schmerzpunkte 0-10 nach NAS umgewandelt wurde. Dieser Vergleich wurde präoperativ und ein Jahr nach der Operation (Folgeuntersuchung FU) durchgeführt.

Der unmittelbare postoperative Vergleich der Schmerzen im Krankenhaus wurde wegen fehlender häuslicher Belastung nicht anhand des selbstentworfenen Fragenkataloges, sondern mittels der numerischen Analogskala als Absolutwert erfasst. Es wurde auch hier wieder getrennt nach Ruhe- und Belastungsschmerz sowohl für die Lumbalgien, als auch Ischialgien gefragt (s. Seite 79, Tabelle 10).

3.5.3 Gehstrecke

Die schmerzfreie Gehstrecke wurde ebenfalls gesondert für beide Gruppen jeweils präoperativ, postoperativ bei der Krankenhausentlassung und bei der Folgeuntersuchung nach einem Jahr in Metern erfasst. Diese Meterangaben der Patienten von 0 bis 1000 m wurden zur mathematischen Berechnung in einer numerischen Analogskala von 0 bis 10 unterteilt und in 5 Kategorien eingestuft. Hierbei bedeutet NAS 0 eine uneingeschränkte Gehstrecke, NAS 10 bedeutet Gehunfähigkeit (s. Seite 27, Tabelle 1).

3.5.4 Claudicatio spinalis

Die Anzahl der Patienten mit Symptomatik einer Claudicatio spinalis wurde sowohl in Prozentzahlen, als auch in absoluten Zahlen angegeben. Auch diese Daten wurden präoperativ, postoperativ und nach einem Jahr erhoben

3.5.5 Schmerzmittelbedarf

Der Schmerzmittelbedarf wurde separat nach Häufigkeit der Einnahme (regelmäßige, gelegentliche, keine Schmerzmitteleinnahme) und nach Stärke der Schmerzmittel erfasst.

Als leichte Schmerzmittel wurden Paracetamol, Novaminsulfon und vergleichbare Medikamente bezeichnet. Als Schmerzmittel mittlerer Stärke wurden nichtsteroidale Antirheumatika (NSAR), als starke Schmerzmittel wurden Opioide und Opiate bezeichnet. Diese Schmerzmittel wurden auch in Kombination eingesetzt oder auch mit Muskelrelaxantien kombiniert

3.5.6 Oswestry low back pain Disability Index (ODI)

Für die lumbalen Schmerzen wurde auch der Oswestry low back pain Disability Index (ODI) präoperativ und nach einem Jahr postoperativ angewandt (s. Seite 83, Kapitel 8.1.9). Bei dem ODI werden zehn Fragen mit jeweils sechs Antwortmöglichkeiten gestellt, die mit 0 bis 5 Punkten eingestuft sind. Dabei bedeutet 0 keine und 5 sehr starke Einschränkung. Es können hier maximal 50 Punkte erreicht werden, die zur Auswertung wieder in Prozente umgewandelt werden. Bei Fehlen eines Fragenkomplexes wird die Endpunktzahl entsprechend pro Frage um 5 Punkte reduziert. Anhand der erreichten Prozente lassen sich die Patienten wiederum in dieselben fünf Gruppen einteilen (s. Tabelle 2).

Die Reliabilität dieses Fragebogens sowie die Korrelation mit der Zufriedenheit der Patienten wurde in einigen Studien nachgewiesen [**61**,**79**].

Tabelle 2: Klassifizierung der Einschränkungen im ODI und bei der Alltagsbewältigung

0 - 20 %	keine bis leichte Einschränkung
21 - 40%	mäßige Einschränkung
41 - 60%	starke Einschränkung
61 - 80%	sehr starke Einschränkung, zunehmende Beeinträchtigung der Lebensqualität
81 - 100%	Immobilität, Notwendigkeit von Fremdhilfe oder Hilfsmitteln.

3.5.7 Alltagsbewältigung

Die Alltagsbewältigung und die Mobilitätseinschränkung wurde anhand von 18 selbst entworfenen Fragen erfasst (s. Seite 81, Tabelle 14). Je nach Beschwerdesymptomatik oder Grad der Einschränkung werden bis zu 4 Punkte vergeben. Hierbei bedeuten 0 Punkte keine Einschränkung oder Behinderung, 4 Punkte bedeuten hochgradige Einschränkung und Abhängigkeit von Hilfsmitteln und anderweitigen Hilfen. Es können maximal 72 Punkte erreicht werden, die zur Auswertung in Prozente umgewandelt werden. Anhand der erreichten Prozente lassen sich die Patienten in fünf Kategorien einteilen (s. oben,

Tabelle 2). Zur Untersuchung der Anwendbarkeit dieses Fragebogens mit 18 Fragen wurde eine Reliabilitätsanalyse durchgeführt (s. Seite 32).

3.5.8 Intra- und perioperative Unterschiede

Bei den intra- und perioperativen Daten wurde die Operationsdauer in Minuten angegeben. Der intraoperative Blutverlust wurde in drei Kategorien eingeteilt als geringer (bis 50 ml), mittlerer (50-100 ml) und starker Blutverlust (über 100 ml). Die Häufigkeit einer notwendigen Wunddrainage wurde erfasst. Die Schnittlänge wurde in Zentimetern gemessen.

3.5.9 Komplikationen

Die Komplikationen bestanden in intraoperativen Duraverletzungen und postoperativen Hämatomen. Ebenfalls zu den Komplikationen zählen Revisionsoperationen wegen einer Durafistel oder wegen eines entlastungswürdigen Hämatoms. In die Gruppe der Komplikationen wurden auch Nachoperationen wegen einer unzureichenden Dekompression der nervalen Strukturen aufgenommen. Als weitere Komplikationen wurden Wundinfektionen und tiefe Beinvenenthrombosen erfasst.

3.5.10 Instabilität

Bei jedem Patienten mit einer Pseudospondylolisthese wurden präoperativ Funktionsaufnahmen der Lendenwirbelsäule in Ante- und Retroflexion durchgeführt, um eine Mobilität der Spondylolisthese festzustellen. Bei weiter bestehenden Beschwerden oder bei Verdacht auf eine Instabilität erfolgte bei der Folgeuntersuchung eine radiologische Überprüfung durch Magnetresonanztomographie und durch LWS-Röntgennativaufnahmen mit Funktionsaufnahmen, oder es wurden die bereits ambulant durchgeführten Untersuchungen vervollständigt.

3.5.11 Zufriedenheit

Die Zufriedenheit der Patienten mit der durchgeführten Operation gilt als gutes Kriterium für den Erfolg dieser Therapieart. Die Patienten wurden befragt, ob sie mit der durchgeführten Operation zufrieden waren. Sie hatten vier Antwortmöglichkeiten, nämlich sehr zufrieden (0 Punkte), zufrieden (1), weniger zufrieden (2) und unzufrieden (3 Punkte). Um eine Vergleichbarkeit mit anderen Studien zu erreichen, wurden die Antworten auf eine Skala von 0 bis 3 Punkten verteilt.

Außerdem wurden die Patienten gefragt, ob sie sich bei gleichen Beschwerden wieder operieren ließen und ob sie die durchgeführte Operation anderen Patienten mit gleichen Beschwerden weiterempfählen. Für diese beiden Fragen gab es drei Antwortmöglichkeiten: ja, nein, vielleicht.

3.5.12 Krankenhausverweildauer

Die Zeit der gesamten Krankenhausverweildauer wurde in Tagen erfasst. Der präoperative Aufenthalt konnte aber wegen der unterschiedlich erforderlichen präoperativen Diagnostik nicht zum Vergleich herangezogen werden. Aussagekräftig war jedoch die postoperative Verweildauer.

3.6 Statistische Methoden und graphische Darstellung

Die Datenerfassung erfolgte mittels einer Microsoft Access 2003 Datenbank. Die statistischen Auswertungen wurden mit Hilfe von SPSS für Windows, Version 15.0 durchgeführt. Die Darstellung der kontinuierlichen Variablen erfolgte als Mittelwerte, während als Streumaße die Standardabweichungen gewählt wurden.

Kolmogorov-Smirnov-Test

Die kontinuierlichen Variablen wurden mittels des Kolmogorov-Smirnov-Tests hinsichtlich ihrer Normalverteilung überprüft. Während einige der getesteten Variablen keine Normalverteilung aufwiesen (Kolmogorov-Smirnov-Test: $p<0,05$), konnte für andere Variablen eine Normalverteilung berechnet werden (Kolmogorov-Smirnov-Test: $p\geq0,05$). Bei den Mittelwertvergleichen wurden daher Tests für normalverteilte Stichproben und nichtparametrische Tests für nicht normalverteilte Stichproben herangezogen.

t-Test / Mann-Whitney-U-Test / Wilcoxon-Test

Beim Vergleich von 2 unabhängigen, normalverteilten Stichproben wurde der t-Test verwendet, während bei nicht normalverteilten Stichproben der Mann-Whitney-U-Test als nichtparametrisches Verfahren durchgeführt wurde.

2 verbundene, normalverteilte Stichproben wurden mittels des t-Tests für gepaarte Stichproben verglichen, dagegen wurden 2 verbundene, nicht normalverteilte Stichproben durch den Wilcoxon-Test überprüft. Der Wilcoxon-Test ist somit ein nichtparametrischer Test.

Der Wilcoxon-Test vergleicht die Verteilung beider Variablen anhand der Differenzen zwischen den Wertepaaren. Zunächst werden diese Differenzen berechnet und nach ihrer absoluten Größe in eine Rangordnung gebracht. Anschließend werden die mittleren Rangzahlen der positiven und der negativen Differenzen berechnet. Auf Basis dieser Beobachtung wird ein Signifikanztest durchgeführt, der überprüft, ob beide Stichproben einer Grundgesamtheit mit identischer Verteilung entstammen.

Friedman-Test

Beim Vergleich von mehr als 2 verbundenen, nicht normalverteilten Stichproben fand der Friedman-Test Anwendung.

Vorzeichentest

Der Vergleich der Zufriedenheit postoperativ und im Verlauf erfolgte mit dem Vorzeichentest. Dieser vergleicht 2 verbundene Stichproben, wobei hier jedoch – im Gegensatz zum Wilcoxon- Test – nur die positiven und negativen Differenzen ausgezählt wurden. Dadurch können Klassifikationen wie „gut“, „mittel“ und „schlecht“ direkt hinsichtlich einer Änderung im Verlauf überprüft werden.

Chi-Quadrat-Test

Die kategorisierten Daten dagegen wurden mit Hilfe des Chi-Quadrat-Tests, bzw. des exakten Tests nach Fisher ausgewertet. Bei Verwendung des Chi-Quadrat- Tests wurden die erforderlichen Testvoraussetzung erfüllt, so dass bei allen Tests weniger als 20% der erwarteten Häufigkeit kleiner 5 war. In Einzelfällen, in denen diese Testvoraussetzung nicht gegeben war, wird dies jeweils bei der Ergebnisdarstellung erläutert.

Zweiseitige Signifikanzüberprüfung

Bei allen durchgeführten Tests erfolgte eine zweiseitige Signifikanzüberprüfung, wobei für alle statistischen Tests ein p-Wert $< 0,05$ als statistisch signifikant angenommen wurde.

Reliabilitätsanalyse / Cronbachs Alpha

Zur Untersuchung der Anwendbarkeit des selbst entworfenen Fragebogens mit 18 Fragen (s. Seite 81, Tabelle 14) wurde eine Reliabilitätsanalyse durchgeführt. Vor Berechnung des Reliabilitätsmodells wurden die Fragen umcodiert, um eine Gegenläufigkeit von positiv und negativ eingestellten Fragen auszuschließen. Bei der Reliabilitätsanalyse wurden der

Trennschärfenkoeffizient sowie der Reliabilitätskoeffizient Cronbachs Alpha berechnet. Bei den einzelnen Items wurde ein Trennschärfenkoeffizient von mindestens 0,18 und bei Cronbachs Alpha von 0,8 gefordert. Da alle Items diese Kriterien erfüllten, musste kein Item aus dem Gesamtscore ausgeschlossen werden.

Graphische Darstellung

In den ebenfalls mit SPSS erstellten graphischen Darstellungen, wurden zur Veranschaulichung der Mittelwerte Fehlerbalken verwendet, wobei als Streumaß aufgrund der großen Streuungsbreite die Standardfehler aufgeführt wurden. Die kategorisierten Daten wurden graphisch mit Hilfe von einfachen und gruppierten Balkendiagrammen, Kreisdiagrammen sowie Histogrammen dargestellt.

4 Ergebnisse

4.1 Anamnestische Daten und klinische Befunde

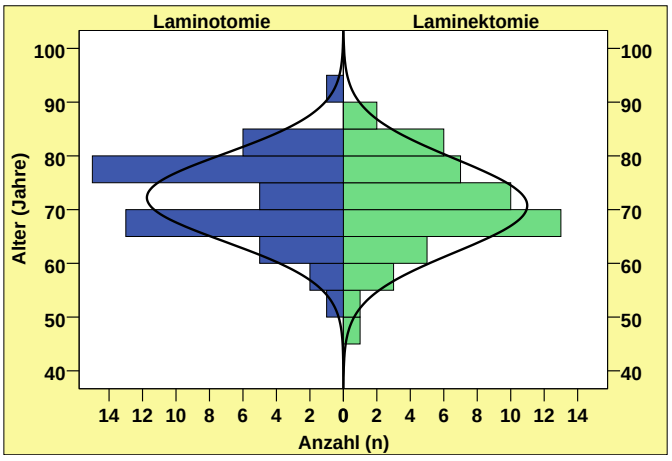
4.1.1 Stammdaten

Geschlechtsverteilung

Die Anzahl der männlichen und weiblichen Patienten war in der Gruppe MUL (Laminotomie) m=22 (45,8%), f=26 (54,2%), in der Gruppe LEK (Laminektomie) m=23; (47,9%) f=25; (52,1%) und damit nahezu identisch (p=1).

Altersverteilung

Das Alter der Patienten lag zwischen 49 und 91 Jahren. Das Durchschnittsalter in der Gruppe MUL (n=48) lag bei 72±8. In der Gruppe LEK (n=48) bei 71±9. Mit p=0,392 zeigte sich bei der Altersverteilung kein signifikanter Unterschied (s. Graphik 1)



Graphik 1: Altersverteilung der Vergleichsgruppen

Gewicht und Körpergröße als Body-Mass-Index

Der Body-Mass-Index betrug 27,1±4,1 in der Gruppe MUL und 28,0±4,4 in der Gruppe LEK. Nach dem t-Test (p=0,291) zeigte sich kein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Vergleichsgruppen. Die Patienten waren im Durchschnitt übergewichtig.

4.1.2 Begleiterkrankungen und konservative Therapie

Begleiterkrankungen

Die Stammdaten der Patienten, sowie ihre Begleiterkrankungen sind gegliedert nach der Gruppe MUL, der Gruppe LEK und nach dem Gesamtkollektiv, jeweils sowohl in absoluten Patientenzahlen als auch in Prozentzahlen (s. unten, Tabelle 3). Es zeigte sich zwischen den beiden Gruppen bei den Patientendaten und den Begleiterkrankungen statistisch kein signifikanter Unterschied. Somit waren die Gruppen miteinander vergleichbar.

Tabelle 3: Stammdaten und Begleiterkrankungen

	Gruppe **MUL** n=48	Gruppe **LEK** n=48	Gesamt n=96	**p**
Alter (Jahre); MW±SD	72±8	71±9		0,392*
BMI; MW ± SD	27,1±4,1	28,0±4,4		0,291*
Weiblich	26 (54,2%)	25 (52,1%)	51 (53,1%)	1,0#
Männlich	22 (45,8%)	23 (47,9%)	45 (46,9%)	1,0#
Begleiterkrankungen				
Kardiovasculär	32 (66,7%)	35 (72,9%)	67 (72%)	
Pulmonal	9 (18,8%)	7 (14,6%)	16 (16,7%)	0,785*
pAVK	6 (12,5%)	6 (12,5%)	12 (12,5%)	
Stoffwechselerkr.	11 (22,9%)	9 (18,8%)	36 (37,5%)	0,802*
Malignome	7 (4,6%)	7 (14,6%)	14 (14,6%)	
Arthrosen	13 (28,3%)	16 (33,3%)	29 (30,9%)	0,659*
TEP	9 (18,8%)	18 (37,5%)	27 (28,1%)	0,137*
PCP	5 (10,6%)	3 (6,3%)	8 (8,4%)	0,486*
Osteoporose	8 (16,7%)	5 (10,4%)	13 (13;5%)	0,552*

* t-Test, #Chi-Quadrat-Test .

Präoperative konservative Therapie

Vor der Indikationsstellung für eine Operation hatten jeweils 11 Patienten (22,9%) in jeder der beiden Gruppen keine Physiotherapie erhalten; gelegentliche Physiotherapie hatten in der Gruppe LEK 2 Patienten (4,2%); mehr als 6 physiotherapeutische Anwendungen bekamen in der Gruppe MUL 17 Patienten (35,4%), in der Gruppe LEK 18 (37,5%); mehr als 12 Anwendungen erhielten in der Gruppe MUL 20 Patienten (41,7%) und in der Gruppe LEK 17 (35,4%). Auch hier fand sich statistisch kein signifikanter Unterschied (p=0,518). Periarthrikuläre sowie periradikuläre Steroid- und Analgetikainjektionen bekamen 56,8% in der Gruppe MUL und 31,2 % in der Gruppe LEK (p=0,104)

4.2 Radiologische Befunde

4.2.1 Die Untersuchungsmethoden

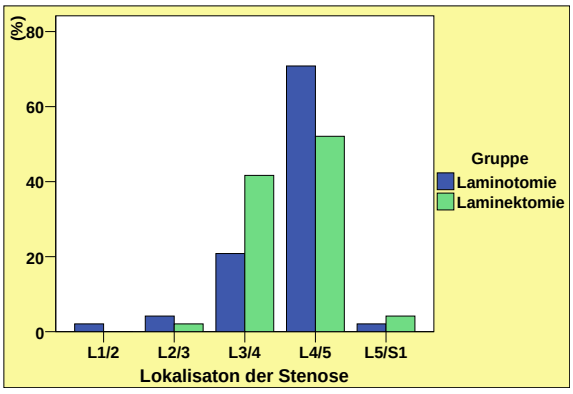
Bei der präoperativ erfolgten Diagnostik war in dem gesamten Patientenkollektiv die Magnetresonanztomographie mit 82,3% die am häufigsten durchgeführte Untersuchung, bei 28,1% erfolgten die Untersuchungen mittels Computertomographie. Röntgen LWS-Aufnahmen lagen bei 74% vor, 25% der Patienten hatten wegen einer Pseudo-spondylolisthesis Funktionsaufnahmen der LWS. Drei Patienten brachten zur Operation eine Myelographie mit, ein Patient ein CT nach Myelographie.

4.2.2 Lokalisation der Stenosen und Pseudospondylolisthesen präOP

Am häufigsten fanden sich die Stenosen im Segment LW4/5, am zweithäufigsten war das Segment LW3/4 betroffen (s. Seite 85, Tabelle 15). In der Gruppe MUL fand sich bei 29,2% der Patienten eine Pseudospondylolisthese. In der Gruppe LEK waren es 20,9% (s. Seite 85, Tabelle 16). Bei den Funktionsaufnahmen fand sich bei keinem der Patienten eine manifeste Instabilität. Nach der Dekompression wurden in jeder Gruppe jeweils bei einem Patienten eine Zunahme des Wirbelgleitens im Segment LW4/5 festgestellt. Beide Patienten erhielten eine posteriore lumbale intervertebrale Fusion (PLIF). Zur Verteilung der operierten Segmente siehe unten, Graphik 2 u. Seite 85, Tabelle 15.

4.3 Operative Befunde

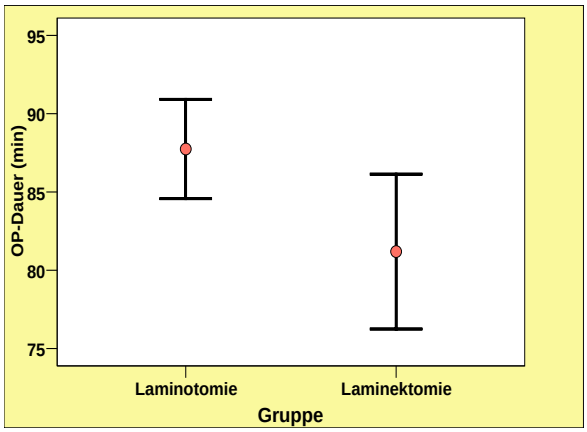
4.3.1 Verteilung der Operationssegmente



Graphik 2: Verteilung der Operationssegmente

In beiden Vergleichsgruppen war das Segment LW4/5 das, bei dem am häufigsten eine symptomatische lumbale SKS nachgewiesen und operativ versorgt wurde. Das zweithäufigste war Segment LW3/4 (s. Graphik 2 u. Seite 85, Tabelle 15).

4.3.2 Operationsdauer, Blutverlust, Schnittlänge



Graphik 3: Operationsdauer in Minuten

Die Operationszeit war in Gruppe LEK mit durchschnittlich 81 Minuten signifikant kürzer als in Gruppe MUL mit durchschnittlich 88 Minuten (p = 0,026). In Graphik 3 ist die Operationsdauer in Minuten für die Gruppen MUL und LEK dargestellt.

Die Gruppe MUL schnitt durch einen geringeren intraoperativen Blutverlust von unter 50 ml hochsignifikant (p < 0,001) besser ab als die Gruppe LEK (s. unten, Tabelle 4). Bei keinem der Patienten war eine Transfusion erforderlich. In der Gruppe MUL war nur bei 12,5% der Patienten eine Wunddrainage erforderlich, in Gruppe LEK benötigten hingegen 87,5% der Patienten eine Wunddrainage. Auch hier ergab sich ein hochsignifikanter Unterschied zu Gunsten der Gruppe MUL (p < 0,001).

Die Schnittlänge war in der Gruppe MUL mit durchschnittlich 2,8 cm signifikant kürzer als in der Gruppe LEK mit 5,7 cm (p < 0,001). In Tabelle 4 sind die Operationsdaten zusammengestellt.

Tabelle 4: Operationsdaten

		Gruppe **MUL** n = 48	Gruppe **LEK** n = 48	Gesamtkollektiv n = 96
Operationsdauer (Min)	p=0,026 (LEK)	81,2	87,8	
Schnittlänge (cm)	p<0,001 (MUL)	2,8	5,7	
Blutverlust (ml)	p<0,001 (MUL)			
> 100 ml		0	1 (2,1%)	1 (1%)
50-100 ml		4 (8,3%)	40 (83,3%)	44 (45,8%)
< 50 ml		44 (91,7%)	7 (14,6%)	51 (53,1%)
Wunddrainage	p<0,001 (MUL)			
keine Drainage		42 (87,5%)	6 (12,5%)	48 (50%)
Drainage		6 (12,5%))	42 (87,5%)	48 (50%)

4.3.3 Intraoperative Komplikationen

Die einzigen intraoperativ aufgetretenen Komplikationen waren Duraläsionen mit sichtbarem Liquorfluss, die mit Tachosilmaterial verschlossen wurden. Solche Läsionen traten bei 5 (10,4%) Patienten in der Gruppe MUL und bei 7 (14,6%) Patienten in der Gruppe LEK auf (p=0,759). Es ergaben sich daraus weder neurologische Komplikationen noch Infektionen. Intraoperativ traten keine cardiopulmonalen Komplikationen auf.

4.3.4 Postoperative Komplikationen

Als postoperative Komplikationen traten Hämatome und eine persistierende Liquorfistel auf. Deswegen wurde eine operative Revision notwendig. Wegen der postoperativen symptomatischen epiduralen Hämatome mit neurologischen Störungen wurden 4 (8,4%) Patienten in Gruppe LEK und 1 (2,1%) Patient in Gruppe MUL operativ revidiert. Die Diagnosesicherung erfolgte durch CT oder MRT. Ein Caudasyndrom war postoperativ bei keinem der Patienten aufgetreten. Ein Patient in der Gruppe MUL musste wegen einer persistierenden Liquorfistel sekundär operiert werden. Bei einem Patienten in der Gruppe LEK trat eine oberflächliche Wundheilungsstörung auf, die konservativ behandelt wurde. Bei postoperativ persistierenden Beschwerden wurde bei einem Patienten in der Gruppe MUL eine insuffiziente Dekompression festgestellt. Bei einem Patienten in der Gruppe LEK war die Dekompression in falscher Höhe durchgeführt worden. Diese beiden Patienten wurden noch während des gleichen Krankenhausaufenthaltes revidiert.

An sonstigen Komplikationen war in der Gruppe LEK bei einem Patienten eine transitorische ischämische Attacke, bei einem anderen eine tiefe Beinvenenthrombose aufgetreten. Bei der Gruppe MUL trat bei einem Patienten eine NSRA bedingte gastrointestinale Blutung auf (s. Tabelle 5).

Tabelle 5: Komplikationen

Komplikationen	Gruppe **MUL** n=48	Gruppe **LEK** n=48	Gesamt n=96
Duraläsion p = 0,759	5 (10,4%)	7 (14,6%)	12 (12,5%)
Liquorfistel mit operativer Revision p = 1,0	1 (2,1%)	0 (0%)	1 (1%)
Postoperative Hämatome mit Revision p = 0,362	1 (2,1%)	4 (8,3%)	5 (5,2%)
Insuffiziente Dekompression p = 1,0	1 (2,1%)	1 (2,1%)	2 (2,1%)
falsche Höhe p = 1,0	0 (0%)	1 (2,1%)	1 (1%)
oberflächliche Wundinfektion p = 1,0	0 (0%)	1 (2,1%)	1 (1%)

4.3.5 Krankenhausverweildauer

Die Gesamtkrankenhausverweildauer lag in der Gruppe MUL durchschnittlich bei 10 und in der Gruppe LEK bei 11 Tagen (p=0,018). Obwohl es hier eine Signifikanz zu Gunsten der Gruppe MUL gab, kann die präoperative Krankenhausaufenthaltsdauer nicht zum Vergleich herangezogen werden, da diese von unterschiedlichen Faktoren abhängig ist. Bei der postoperativen Krankenhausverweildauer ergab sich jedoch ein signifikanter Vorteil zu Gunsten der Gruppe MUL ca. von 1,3 Tagen (s. Tabelle 6).

Tabelle 6: Krankenhausverweildauer postOP in Tagen

Krankenhausverweildauer postOP	Gruppe	n	Mittelwert	Standard-abweichung	Standardfehler des Mittelwertes
Entlassung nach OP	**MUL**	48	7,43	2,082	0,304
p=0,004	**LEK**	48	8,71	2,641	0,381

4.4 Schmerzen

4.4.1 Schmerzmittelbedarf

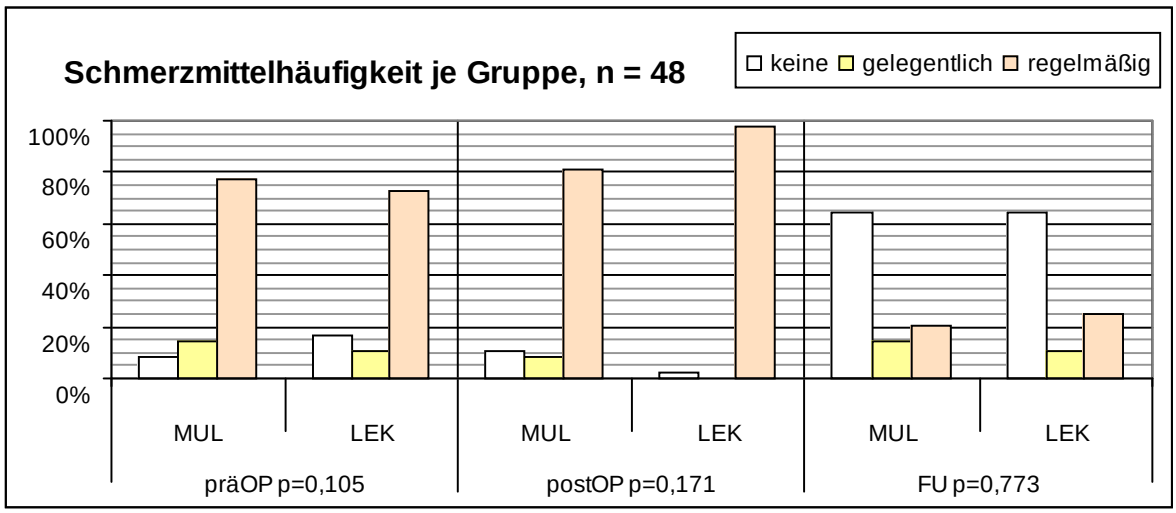
Die durchschnittliche präoperative Schmerzdauer betrug für die Lumbalgien acht bis elf Jahre. Die Ischialgien traten bei allen Patienten deutlich später auf, nämlich zwischen einem und drei Jahren vor der Operation. Die Dauer der Schmerzmitteleinnahme präoperativ lag in der Gruppe MUL im Durchschnitt bei 17 Monaten und in der Gruppe LEK bei 11 Monaten. Es ergab sich kein statistisch signifikanter Unterschied (p=0,440).

Schmerzmittelhäufigkeit

Präoperativ nahmen im Gesamtkollektiv (n=96) 13,7% der Patienten keine Schmerzmittel. 11,5% hatten gelegentlichen Schmerzmittelbedarf. Regelmäßig einmal tägliche Schmerzmitteleinnahme benötigten im Gesamtkollektiv 30,2% und täglich mehrfachen Schmerzmittelbedarf hatten 44,8% der Patienten.

Während in beiden Gruppen präoperativ über 70% der Patienten eine regelmäßige Schmerzmitteleinnahme angaben, zeigte sich postoperativ ein Anstieg von 10% bei der regelmäßigen Schmerzmitteleinnahme in der Gruppe LEK. Es ergab sich jedoch kein signifikanter Unterschied zwischen beiden Gruppen. Bei der Folgeuntersuchung nach einem Jahr war der Schmerzmittelbedarf in beiden Gruppen deutlich geringer als

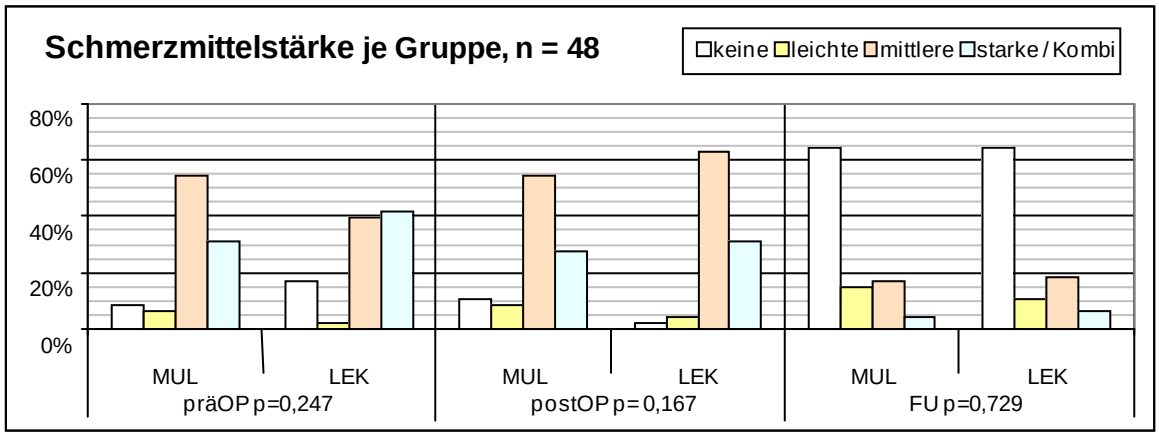
präoperativ und direkt postoperativ. Über 60% der Patienten gaben an, dass sie keine Schmerzmittel mehr einnehmen müssten (s. Seite 40, Graphik 4).



Graphik 4: Analgetikahäufigkeit präOP, postOP und FU

Schmerzmittelstärke

Als leichte Schmerzmittel werden Paracetamol, Novaminsulfon und ähnliche bezeichnet. Als mittelstarke Schmerzmittel gelten nichtsteroidale Antirheumatika, als starke gelten Opioide und Opiate. Bei der Verteilung der Analgetikapotenz fanden sich in der postoperativen Phase geringfügige Unterschiede zwischen den Gruppen. Die Gruppe MUL benötigte weniger mittlere oder starke Schmerzmittel, die Differenz ist jedoch nicht signifikant. Nach einem Jahr waren die Ergebnisse in beiden Gruppen angeglichen (s. unten, Graphik 5 und Seite 85, Tabelle 17).



Graphik 5: Analgetikapotenz präOP, postOP und bei FU

4.4.2 Schmerzlokalisation

Präoperative Schmerzlokalisation und Schmerzart

Alle Patienten dieser Studie hatten bis auf einen Patienten in der Gruppe LEK präoperativ Lumbalgien. Einseitige Ischialgien hatten in der Gruppe MUL 9 Patienten (18,8%), in der Gruppe LEK 8 (16,7%) und im Gesamtkollektiv 17 Patienten (17,7%). Beidseitige Ischialgien hatten in der Gruppe MUL 39 Patienten (81,3%), in der Gruppe LEK 38 (79,2%) und im Gesamtkollektiv 77 Patienten (80,2%).

Auch bei der Schmerzlokalisation bestand kein statistisch signifikanter Unterschied. Der Patient ohne Lumbalgie gab auch keine Ischialgie an. Hier lagen lediglich eine Sensibilitätsstörung und eine Schwäche in den Beinen vor.

28 Patienten (58,3%) in der Gruppe MUL, 23 (47,9%) in der Gruppe LEK und 51 (53,1%) im Gesamtkollektiv hatten pseudoradikuläre Schmerzen (s. Seite 85, Tabelle 18).

4.4.3 Schmerzintensität

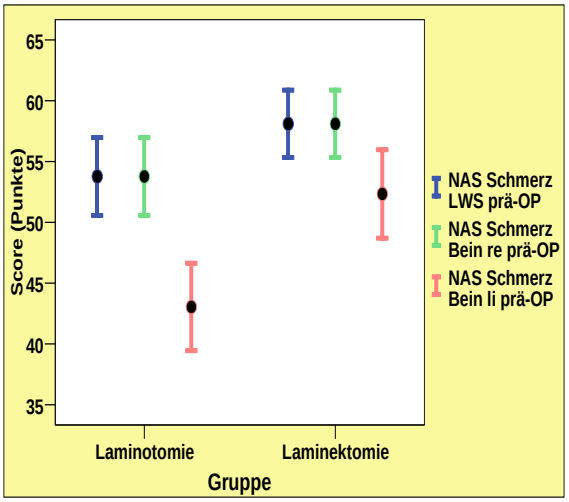
Schmerzintensität anhand der NAS: präOP, postOP und FU

Die Schmerzen wurden nach der numerischen Analogskala (NAS) mit einer Bewertung zwischen 0 bis 10 Punkten erfasst. Die Schmerzintensität wurde als Score aus 10 Fragen über die Schmerzen bei Alltagsabläufen zusammengefasst (s. Seite 79, Tabelle 8). Hieraus wurde ein Mittelwert gebildet, der als Gesamtschmerz definiert wurde. Es zeigten sich präoperativ in der Schmerzintensität keine signifikanten Unterschiede. Im Durchschnitt wurde bei allen Patienten eine hohe Schmerzintensität mit NAS-Werten über 5 Punkten nach diesem Fragebogen festgestellt.

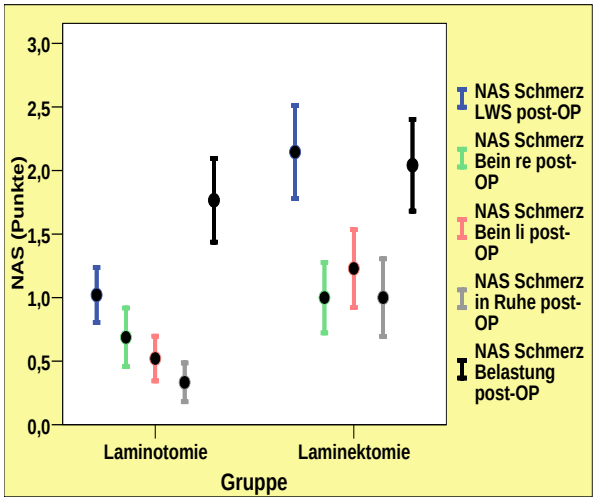
Nach der Operation bei der Krankenhausentlassung ergaben sich durchweg eindeutige Besserungen der Schmerzen in beiden Gruppen (s. Seite 85, Tabelle 19). Innerhalb der postoperativen Phase zeigten sich signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen. Die Lumbalgien waren im Mittel in der Gruppe MUL um 1,2 Punkte geringer als in der Gruppe LEK ($p = 0,012$). Außerdem waren in der Gruppe MUL mit 0,7 Punkten Unterschied zur Gruppe LEK die Ruheschmerzen signifikant geringer ($p = 0,040$).

Bei der Folgeuntersuchung nach einem Jahr glichen sich die Mittelwerte der Lumbalgien und Ischialgien in beiden Gruppen an. Eine Signifikanz bestand hier nicht. Beide Gruppen hatten von den angewandten Operationsverfahren profitiert. Die Schmerzen reduzierten sich von stark auf gering bis sehr gering.

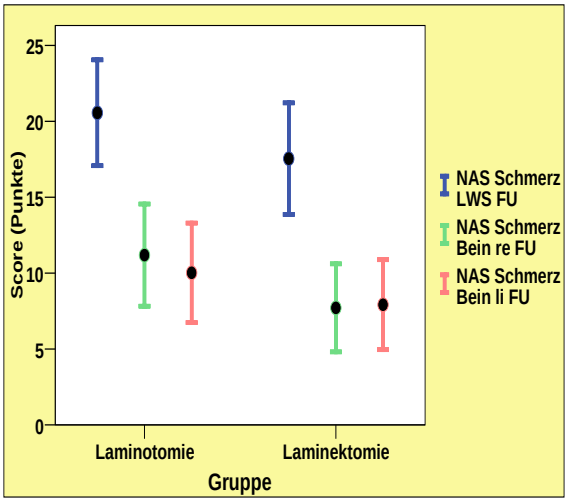
Ausführliche Daten über den Verlauf der Schmerzintensität s. Seite 85, Tabelle 19.



Graphik 6: Gruppenvergleich NAS-Schmerz präOP



Graphik 7: Gruppenvergleich NAS-Schmerz postOP



Graphik 8: Gruppenvergleich NAS-Schmerz bei FU

In Graphik 6 und Graphik 8 werden die erreichten Punktzahlen für den Gesamtschmerz präoperativ und nach einem Jahr bei der Folgeuntersuchung zwischen 0 und 100 Punkten nach der NAS dargestellt. Die Graphik 7 zeigt die einzelnen Schmerzintensitäten nach NAS für die Lumbalgien und die Ischialgien postoperativ bei der Entlassung

Schmerzverlauf

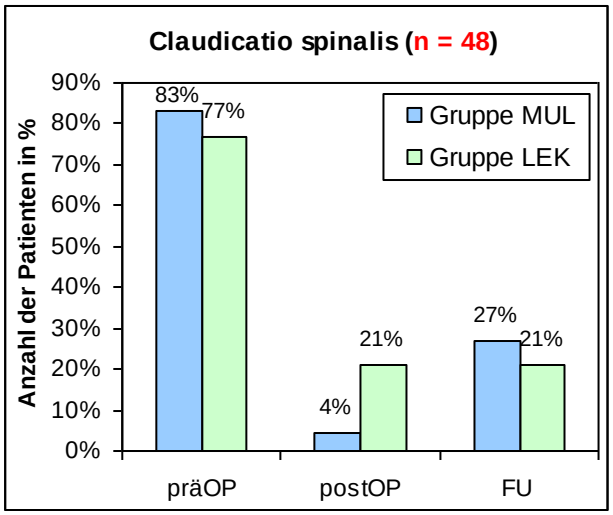
Nach ihren Angaben hatten postoperativ bei der Krankenhausentlassung in der Gruppe MUL 52,1% und in der Gruppe LEK 31,3% der Patienten keine Lumbalgien mehr. Bei einer Addition der Kategorien „keine“ und „leichte Schmerzen“ ist in der Gruppe MUL mit 93,8% eine sehr hohe Besserung der Beschwerden eingetreten. In der Gruppe LEK bestand ebenfalls eine mit 83,4% hohe Besserungsrate. Die Ischialgien hatten sich

ebenfalls deutlich gebessert. Schmerzfrei waren danach 68,7% der Patienten in der Gruppe MUL und 58,3% in der Gruppe LEK. Bei der Zusammenfassung der genannten Kategorien für die Ischialgien hatten 100 % der Patienten der Gruppe MUL keine oder leichte Schmerzen. In der Gruppe LEK betrug das Ergebnis dieser Addition 83,3% (s. Seite 87, Tabelle 20).

Nach einem Jahr gaben in Gruppe MUL 62,5% und in Gruppe LEK 50% der Patienten keine Lumbalgien an. Keine Ischialgien hatten 81,2% der Patienten in der Gruppe MUL und 75% in der Gruppe LEK. Bei der Zusammenfassung der Patienten ohne Schmerzen oder mit nur leichten Schmerzen ist nach einem Jahr eine Besserung bei 93,8% der Patienten in Gruppe MUL und bei 83,4% der Patienten in Gruppe LEK feststellbar (s. Seite 87, Tabelle 21).

4.5 Klinische Daten

4.5.1 Claudicatio spinalis



Graphik 9:Claudicatio spinalis präOP, postOP und FU

Eine Claudicatio spinalis bestand in der Gruppe MUL bei 40 Patienten (83,3%), in der Gruppe LEK bei 37 (77,1%) und im Gesamtkollektiv bei 77 Patienten (80,2%). Auch hier fand sich kein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Gruppen (p = 0,609).

Postoperativ sank die Symptomatik in der Gruppe MUL auf 4%, in der Gruppe LEK auf 21%. Bei der Folgeuntersuchung nach einem Jahr bestand in der Gruppe MUL bei 27%, in der Gruppe LEK bei 21% der Patienten eine Claudicatio spinalis (s. Graphik 9)

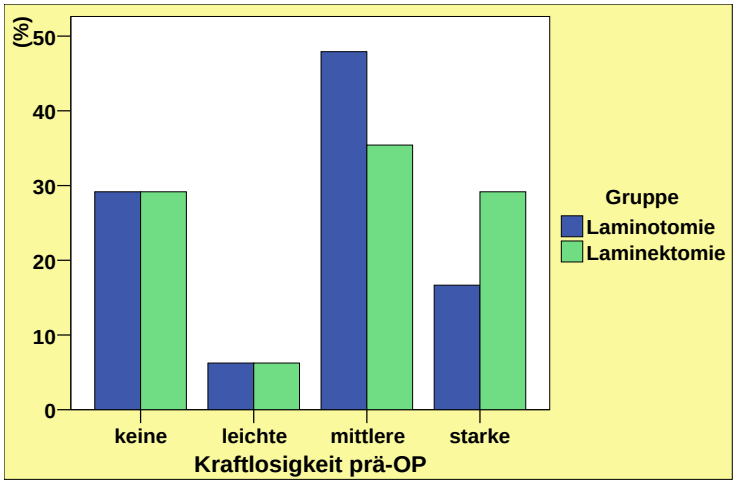
Bei der Gruppe MUL wurden die Beschwerden der Claudicatio spinalis durch Zunahme einer Coxarthrose bei einem Patienten und durch Zunahme der peripheren arteriellen Verschlußkrankheit (pAVK) bei zwei Patienten überlagert. Dies könnte den stärkeren Anstieg der Beschwerden bei diesen Patienten erklären. Zwei dieser Patienten hatten im Anschluss an die FU eine Gefäßoperation bei pAVK der Beinarterien, eine Patientin erhielt eine Hüft-Endoprothese. Bei der Folgeuntersuchung nach einem Jahr konnte als Ursache

für die persistierenden Beschwerden bei einer Patientin in der Gruppe MUL ein Bandscheibenvorfall und bei einem Patienten in der Gruppe LEK eine symptomatisch gewordene lumbale SKS im nächsthöheren Segment festgestellt werden. Diese Patienten wurden deswegen operiert.

4.5.2 Paresen

Paresen präoperativ

Präoperativ hatten 29% der Patienten in jeder Gruppe subjektiv keine Kraftlosigkeit der Beine. Eine einseitige Kraftlosigkeit gaben 8 Patienten (16,7%) in der Gruppe MUL an. In der Gruppe LEK waren es 6 Patienten (12,5%) und im Gesamtkollektiv 14 (14,6%). Eine beidseitige Kraftlosigkeit in den Beinen beklagten in der Gruppe MUL 26 Patienten (54,2%), in der Gruppe LEK waren es 28 (58,3%) und im Gesamtkollektiv waren es 54 Patienten (56,3%).



Graphik 10: Kraftlosigkeit in den Beinen präOP (subjektiv)

Objektivierbare Paresen fanden sich bei 27% in der Gruppe MUL und 47,9% in der Gruppe LEK. Am häufigsten betroffen war in beiden Gruppen die Wurzel L5, gefolgt von der Wurzel L4 (s. Seite 87, Tabelle 22). Die Intensität der subjektiv empfundenen Kraftlosigkeit der Beine findet sich in Graphik 10.

Ein Caudasyndrom hatten präoperativ im Gesamtkollektiv 4 Patienten (4,2%). In Gruppe MUL war es ein Patient (2,1%) und in Gruppe LEK waren es drei Patienten (6,3%) (s. Seite 87, Tabelle 22). Bei der Verteilung der manifesten Paresen ergab sich kein signifikanter Unterschied (p = 0,617).

Paresen postoperativ bei Krankenhausentlassung und nach einem Jahr (FU)

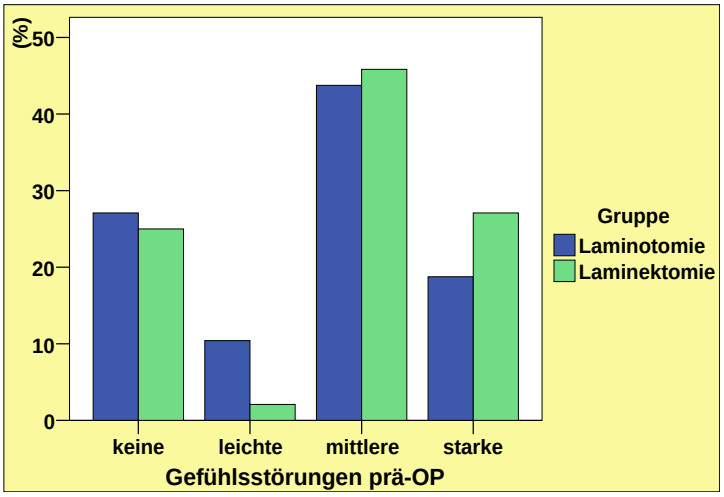
Postoperativ trat bei 2 Patienten in der Gruppe MUL und bei 3 Patienten in der Gruppe LEK eine Zunahme der Paresen auf. In beiden Gruppen waren die Paresen durch Hämatome verursacht. Deswegen war bei diesen Patienten eine operative Revision

erforderlich. Bei der Folgeuntersuchung nach einem Jahr zeigte sich eine deutliche Rückbildung der Paresen, in der Gruppe MUL stärker als in der Gruppe LEK (s. Seite 88, Tabelle 23).

4.5.3 Sensibilitätsstörungen

Präoperative sensible Störungen

Objektivierbare und auf ein Dermatom bezogene sensible Störungen hatten präoperativ in der Gruppe MUL 14 Patienten (29,2%), in der Gruppe LEK hatten es 16 (33,3%) und im Gesamtkollektiv 30 (31,3%) Patienten. Die restlichen Patienten gaben diffuse nicht objektivierbare sensible Störungen an.



Graphik 11: Intensität der präoperativen Gefühlsstörungen

Die auf ein Dermatom bezogenen objektivierbaren sensiblen Ausfälle verteilten sich gleichmäßig in den beiden Vergleichsgruppen. Es bestand keine Signifikanz. Die Graphik 11 zeigt die Verteilung der Intensität der sensiblen präoperativen Gefühlsstörungen.

Postoperative sensible Störungen postOP und bei der FU

Bei den sensiblen Störungen trat eine deutliche Besserung gegenüber dem präoperativen Befund in beiden Gruppen auf. Es gab keinen Unterschied zwischen den Gruppen. Im Vergleich zur Krankenhausentlassung fand sich bei der Folgeuntersuchung nach einem Jahr kein signifikanter Unterschied für beide Gruppen (s. Seite 88, Tabelle 24).

4.5.4 LWS-Beweglichkeit präoperativ und bei FU

Eine schmerzhafte Einschränkung der LWS-Beweglichkeit fand sich präoperativ bei 11 Patienten (22,9%) in der Gruppe MUL, in der Gruppe LEK waren es 5 Patienten (10,4%). Auch hier fand sich kein signifikanter Unterschied. Die Lokalsymptomatik mit schmerzhafter Einschränkung der LWS Beweglichkeit hatte nach einem Jahr in der Gruppe LEK stärker als in der Gruppe MUL zugenommen. Wegen dieser Verschlechterung wurde eine radiologische Diagnostik durch ein MRT und LWS-Nativaufnahmen mit Funktionsaufnahmen durchgeführt. Sie ergaben lediglich bei jeweils einem Patienten in jeder Gruppe eine Instabilität bei vorbestehender degenerativer Spondylolisthese. Deswegen wurde bei diesen beiden Patienten eine posteriore lumbale intervertebrale Fusion (PLIF) durchgeführt.

4.6 Gehfähigkeit

4.6.1 Gehstrecke

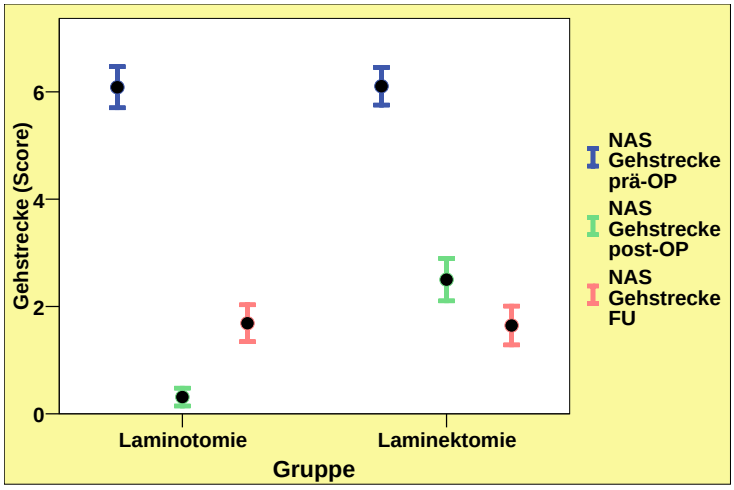
Vor der Operation gaben nur 2% in der Gruppe MUL und 4% in der Gruppe LEK keine Einschränkung der Gehfähigkeit durch die Schmerzen an. Nur 14,6% in der Gruppe LEK und 22,9% in der Gruppe MUL hatten eine schmerzfreie Gehstrecke über 400 Metern. Eine schmerzfreie Gehstrecke unter 50 Metern hatten aber hingegen in der Gruppe MUL 43,8% und in der Gruppe LEK 41,7%. Präoperativ benötigten 41,4% der Patienten in der Gruppe MUL und 39,6% in der Gruppe LEK eine Gehhilfe. Vor der Operation waren 6,3% der Patienten in der Gruppe MUL und 8,3% in der Gruppe LEK schmerzbedingt gehunfähig (s. Seite 89, Tabelle 25).

Postoperativ während des Krankenhausaufenthalts verlängerte sich die schmerzfreie Gehstrecke in den beiden Gruppen gegenüber dem präoperativen Befund. Die Gruppe MUL schnitt zusätzlich noch gegenüber der Gruppe LEK statistisch signifikant besser ab ($p < 0,001$). 90% der Patienten in der Gruppe MUL gaben postoperativ keine schmerzbedingte Einschränkung der Gehstrecke an. In der Gruppe LEK waren es 48%. Gehunfähig war postoperativ kein Patient mehr.

Bei der Folgeuntersuchung nach einem Jahr ergab sich eine hochsignifikante Besserung der schmerzfreien Gehstrecke für beide Gruppen ($p < 0,001$). Im Vergleich zum Befund bei der Krankenhausentlassung fand sich jedoch eine Verschlechterung der schmerzfreien

uneingeschränkten Gehstrecke in der Gruppe MUL, in der Gruppe LEK allerdings eine weitere Verbesserung der schmerzfreien Gehstrecke. Zu einer Diskussion der möglichen Gründe der Verschlechterung bei der Folgeuntersuchung s. Seite 60, Kapitel 5.3.

Subjektiv empfanden die Patienten zu über 70% in beiden Gruppen eine gute bis sehr gute Besserung ihrer Gehfähigkeit (s. Seite 91, Tabelle 26).

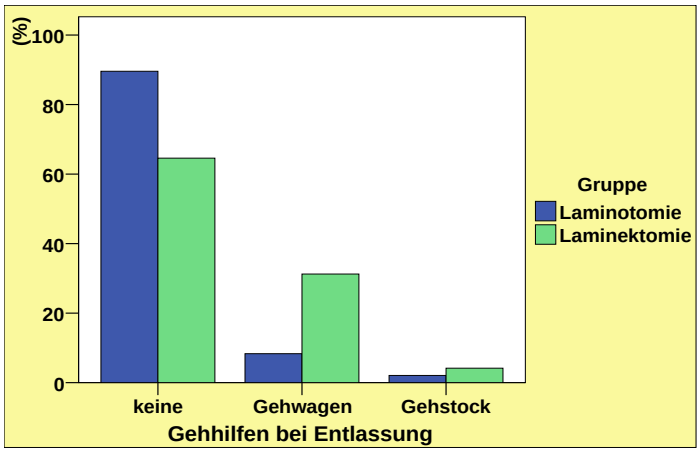


Graphik 12: Gehstreckenänderung nach NAS (präOP, postOP und FU)

Die Graphik 12 vergleicht die Gehstrecke nach NAS (0 keine Einschränkung; 10 Gehunfähigkeit; s. Seite 27, Tabelle 1) vor der Operation mit den Werten bei Krankenhausentlassung und bei der Folgeuntersuchung (FU) (s. Seite 91, Tabelle 27).

Gehhilfen

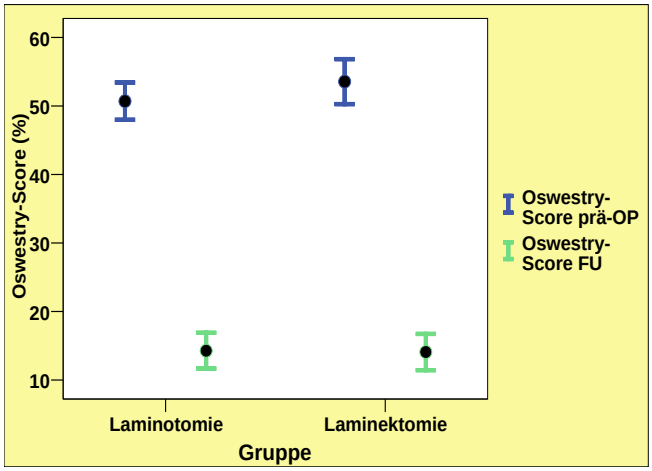
Präoperativ benötigten 29 Patienten (60,4%) in der Gruppe MUL und 28 (58,3%) in der Gruppe LEK keine Gehhilfe. Einen Gehstock zur Hilfe nahmen 12 (25%) in der Gruppe MUL, 8 (16,7%) in der Gruppe LEK. Einen Gehwagen benutzten 7 Patienten (14,6%) in der Gruppe MUL und 12 (25%) in der Gruppe LEK. Die postoperative Notwendigkeit einer Gehhilfe nahm in der Gruppe MUL gegenüber dem präoperativen Status ab, während in der Gruppe LEK die Notwendigkeit sogar noch zunahm. Bei der Entlassung aus dem Krankenhaus (s. Graphik 13) waren bereits fast 90% der Patienten aus der Gruppe MUL in der Lage, ohne eine Gehhilfe auszukommen, während 8% einen Gehwagen benötigten. In der Gruppe LEK waren es 31% der Patienten, die einen Gehwagen benötigten im Vergleich zu 25% vor der Operation.



Graphik 13: Gehhilfen bei Krankenhausentlassung

4.7 Oswestry Disability Index (ODI)

Präoperativ und bei der Folgeuntersuchung (FU) nach einem Jahr wurde der „Oswestry low back pain Disability Index“ mit 10 Fragen mit jeweils einer Bewertung zwischen 0 und 5 Punkten erfasst. Die Höchstpunktzahl von 50 Punkten bedeutet eine Einschränkung von 100% (s. Seite 29, Tabelle 2).



Graphik 14: Oswestry-Score präOP und bei FU (in Prozent)

Nach dem Oswestry Disability Index hatten die Patienten präoperativ in der Gruppe MUL eine durchschnittliche schmerzbedingte Einschränkung von 50,70% und in der Gruppe LEK von 53,56%. Damit waren die Patienten beider Gruppen präoperativ stark eingeschränkt.

Der ODI hat sich bei der Folgeuntersuchung nach einem Jahr im Vergleich zum präoperativen Befund für beide Gruppen statistisch hochsignifikant gebessert. Hier zeigte sich anhand des gleichen Fragebogens eine geringe Einschränkung für beide Gruppen durchschnittlich jeweils von 14%.

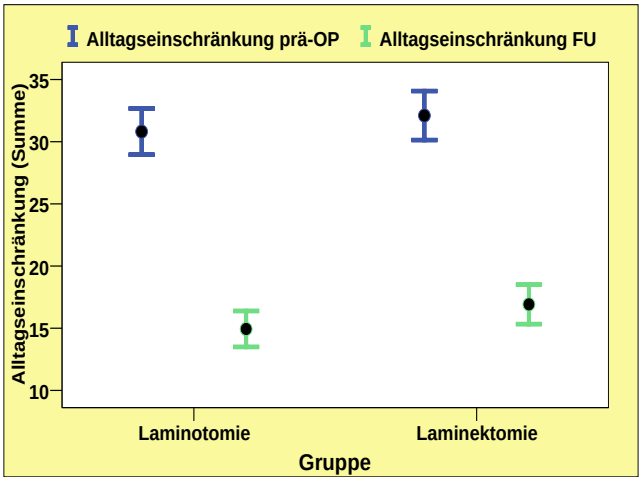
Bei den Patienten mit zusätzlicher Spondylolisthese in der Gruppe MUL (n=14) fand sich präoperativ eine durchschnittliche Einschränkung nach ODI von 43,2%. Bei der Folgeuntersuchung nach einem Jahr kam zu einer hochsignifikanten Besserung. Die Einschränkung lag nur noch bei 14,5%. Schmerzfrei waren 8,4% der Patienten. In der Gruppe LEK (n=10) lag die präoperative Einschränkung nach ODI bei 49,4%. Nach einem Jahr kam es ebenfalls zu einer hochsignifikanten Besserung. In dieser Gruppe lag die Einschränkung sogar bei nur 13,3%. Hier waren 6,3% der Patienten schmerzfrei.

4.8 Mobilität und Alltagseinschränkung

4.8.1 Ergebnisse des Fragebogens zur Alltagseinschränkung

Die Einschränkungen im normalen Tagesablauf wurden nach einem selbstentworfenen Fragenkatalog von 18 Fragen mit jeweils einer Bewertung zwischen 0 bis 4 Punkten erfasst. Eine höhere Punktzahl entspricht einer stärkeren Einschränkung im Alltag. Die Punkte wurden in Prozente der maximal erreichbaren Punktzahl umgewandelt.

Die durchschnittliche Einschränkung betrug präoperativ im Gesamtkollektiv 31,5 Punkte von maximal 72 erreichbaren Punkten, und zwar 30,8 Punkte in der Gruppe MUL und 32,1 Punkte in der Gruppe LEK. Die Einschränkung betrug präoperativ im Mittel 44%. Dies bedeutet eine starke Einschränkung (s. Seite 29, Tabelle 2) im üblichen Tagesablauf. Nach einem Jahr besserte sich die schmerzbedingte Einschränkung in beiden Gruppen im Mittel auf 20% für die Gruppe MUL und 23 % für die Gruppe LEK.



Graphik 15: Alltagseinschränkung präOP und bei FU

Bei der Mobilitätseinschränkung im Alltag ergab sich für beide Gruppen, eine hochsignifikante Besserung im Vergleich zur präoperativen Einschränkung. Zwischen den Gruppen MUL und LEK gab es nach einem Jahr keinen Unterschied. Die Graphik 15 zeigt die erreichten durchschnittlichen Punktzahlen für die Alltagseinschränkungen präoperativ und bei der Folgeuntersuchung nach einem Jahr.

Alltagseinschränkungen bei der Folgeuntersuchung

Bei der Folgeuntersuchung nach einem Jahr gaben 75 % der Patienten in der Gruppe MUL und 68,7% in der Gruppe LEK eine gute bis sehr gute Belastbarkeit im Alltag an. In jeder der beiden Gruppen gaben 25 % der Patienten keine beziehungsweise eine nur geringe Besserung an und 6,3 % der Patienten in der Gruppe LEK verspürten eine Verschlechterung (s. Seite 91, Tabelle 28).

4.9 Zufriedenheit

4.9.1 Besserung der Beschwerden, Gehfähigkeit und Belastbarkeit

Die Patienten der Gruppen MUL und LEK waren insgesamt mit dem Ergebnis der durchgeführten Operation zufrieden (s. Seite 91, Tabelle 29). Ein signifikanter Vorteil ergab sich aber für die Gruppe MUL für die schmerzfreie Gehstrecke bei der Krankenhausentlassung (p = 0,019, s. Seite 91, Tabelle 26).

4.9.2 Zufriedenheit mit der Operation

Bei der Krankenhausentlassung gaben in der Gruppe MUL 97,9% an, mit der Operation zufrieden bis sehr zufrieden zu sein, in der Gruppe LEK waren es 91,7%. Unzufrieden war in beiden Gruppen jeweils nur 1 Patient (2,1%) (s. Seite 93, Tabelle 35).

Die Zufriedenheit mit der durchgeführten Operation war auch bei der Folgeuntersuchung nach einem Jahr in beiden Gruppen mit jeweils 83,4% noch hoch. Allerdings war die Zufriedenheit nach einem Jahr im Vergleich zur Zufriedenheit bei der Krankenhaus-entlassung leicht rückläufig. Es gab aber keinen Unterschied zwischen den beiden Gruppen.

4.9.3 Bereitschaft zu erneuter Operation

Bei der Krankenhausentlassung gaben in der Gruppe MUL alle Patienten an, sich bei gleichen Beschwerden erneut operieren lassen zu wollen, in der Gruppe LEK waren 93,8% dazu bereit (s. Seite 93, Tabelle 36).

Nach einem Jahr war die Bereitschaft, sich bei gleichen Beschwerden wieder operieren zu lassen mit über 90% in beiden Gruppen weiterhin sehr hoch. Es gab jedoch eine leichte, statistisch aber nicht signifikante rückläufige Tendenz für beide Gruppen.

4.9.4 Bereitschaft, die Operation anderen weiterzuempfehlen

Die Bereitschaft der Patienten, die bei ihnen durchgeführte Operation auch anderen Patienten mit gleichen Beschwerden weiterzuempfehlen, war mit über 90% sehr hoch (s. Seite 93, Tabelle 37). Es ergab sich kein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Gruppen, auch nicht im Vergleich zur Aussage bei der Krankenhausentlassung.

5 Diskussion

Die lumbale Spinalkanalstenose (SKS) ist eine überwiegend degenerative Erkrankung. Wegen der zunehmenden Alterung der Bevölkerung nimmt parallel dazu auch die Zahl der Patienten mit einer degenerativen SKS zu, dementsprechend auch die Notwendigkeit einer Therapie [**97**]. Die Therapie der Beschwerden erfolgt zunächst konservativ. Bei therapieresistenten Beschwerden und beim Auftreten von neurologischen Störungen ist die Operationsindikation unumstritten [**6**,**20**,**63**]. Bei der operativen Therapie ist es das Ziel, die Ursache der Beschwerden durch eine optimale Dekompression der nervalen Strukturen unter Berücksichtigung der anatomischen und der biomechanischen Funktion der Lendenwirbelsäule zu beheben, ohne dabei die Stabilität des zu operierenden Segments zu gefährden. Die operativen Verfahren der lumbalen SKS teilen sich in

- **alleinige Dekompression**
- **Dekompression mit simultaner Stabilisierung.**

Unterschiedlich und kontrovers wird die Wahl der Operationsverfahren diskutiert, ob nur eine alleinige Dekompression durchgeführt werden soll, oder aber ob eine zusätzliche Stabilisierung den Verlauf positiv beeinflusst. Einige Autoren vertreten die Meinung, dass eine Spinalkanalstenose die Folge einer Instabilität sei und daher zur Dekompression primär stabilisiert werden sollte [**10**,**44**]. Eine Ruhigstellung der arthrotischen Bewegungseinheit übt einen günstigen Effekt auf die Linderung der Lumbalgien aus [**41**]. Bei beidseitiger totaler Facettektomie herrscht weitgehende Übereinstimmung über die Notwendigkeit einer Fusion [**42**].

Die traditionelle Behandlung der lumbalen Spinalkanalstenose ist die Laminektomie mit Entfernung der medialen Gelenkfacetten mit Foraminotomie. Die häufigsten chirurgischen Probleme liegen in dem lokalen Gewebstrauma [**1**,**2**,**3**,**5**,**115**] und in der postoperativen Instabilität der Wirbelsäule [**35**,**47**,**55**,**71**,**105**], was zu einem dramatischen Anstieg der lumbalen Fusionen führte [**19**,**31**,**60**]. Das Ausmaß und die Dauer der Operation sollte bei Patienten in fortgeschrittenem Lebensalter oder bei anästhesiologisch relevanten kardiopulmonalen Begleiterkrankungen so gering wie möglich gehalten werden, um das perioperative Risiko nicht überdurchschnittlich zu erhöhen [**16**,**30**,**41**,**53**] .

Um das Risiko einer Instabilität mit den damit verbundenen unerwünschten Folgeerscheinungen zu verringern, sind inzwischen zahlreiche minimalinvasive Dekompressionsverfahren mit limitierter Dekompression entwickelt worden. Diese Operationsverfahren bestehen in einer einseitigen, beziehungsweise beidseitigen Laminotomie oder in einer einseitigen Laminotomie mit bilateraler Dekompression durch Undercutting unter möglichst großem Erhalt der stabilisierenden Strukturen des Operationssegmentes.

In der vorliegenden Arbeit wurden prospektiv die Ergebnisse zweier Dekompressionsverfahren ohne stabilisierende Maßnahmen nämlich die „**Minimalinvasive unilaterale Laminotomie mit bilateraler Dekompression in Cross-Over Technik" (MUL**) mit der **„Laminektomie" (LEK)** bei einer monosegmentalen Lumbalkanalstenose auch unter Einschluss einer zusätzlich vorhandenen degenerativen Spondylolisthese bis Grad I nach Meyerding verglichen, um herauszufinden, ob eines der beiden Verfahren dem anderen überlegen sei und wie häufig durch die alleinige Dekompression eine klinisch und radiologisch gesicherte manifeste Instabilität vorkomme.

In dieser prospektiven Studie wählte der Operateur die Operationsmethode nach seinem Ermessen. Zum Vergleich wurden die klinischen, radiologischen, sowie die intra- und perioperativen Daten der Patienten erfasst und die Ergebnisse des Oswestry low back pain Disability-Index, die Ergebnisse des Fragebogens für die Einschränkungen im Alltag, die NAS-Schmerzintensität und die Änderung der Gehfähigkeit präoperativ, postoperativ bei der Krankenhausentlassung und bei einer Folgeuntersuchung ein Jahr postoperativ ausgewertet sowie die Zufriedenheit der Patienten in beiden Gruppen mit der durchgeführten Operation erfragt.

5.1 Präoperative Ergebnisse

Es wurden primär 104 Patienten nach den Einschlusskriterien in die Studie aufgenommen. Nach einem Jahr konnten die Daten von insgesamt 96 Patienten ausgewertet werden. Die Vergleichsgruppen MUL und LEK waren mit jeweils 48 Patienten gleich stark. Das Durchschnittsalter lag in der Gruppe MUL bei 72±8 und in der Gruppe LEK bei 71±9 Jahren. Die Anzahl der männlichen und weiblichen Patienten war in der Gruppe MUL m=22 (45,8%), f=26 (54,2%), in der Gruppe LEK m=23; (47,9%) f=25; (52,1%). Die Vorerkrankungen zeigten keinen signifikanten Unterschied. In den Gruppen MUL / LEK

wurden 81% / 79% eine beidseitige und 17% / 18% eine einseitige Lumboischialgie festgestellt. Eine Claudicatio spinalis hatten 83% / 77% und Radikulopathie 27% / 48%. Eine Cauda-Symptomatik mit Blasen- und Mastdarmfunktionsstörungen fand sich bei 2,1% / 6,3%. Eine verkürzte Gehstrecke unter 50m hatten 43,6% der Patienten. Die NAS-Schmerzintensität lag durchschnittlich bei 5,6 Punkten. Die Einschränkung im ODI lag mit 26 Punkten bei 52% und die Alltagseinschränkung durchschnittlich mit 32 Punkten bei 44,6%. Die häufigsten lumbalen SKS fanden sich in dem Segment LW4/5 bei 68,8% und im Segment LW3/4 bei 52%. Eine fixierte degenerative Spondylolisthese hatten in der Gruppe MUL 29,1% und in der Gruppe LEK 21.1%.

5.2 Klinische Ergebnisse nach Therapie

5.2.1 Schmerzverlauf

Lumbalgien:

Eine gute bis sehr gute Besserung der Lumbalgien fand sich postoperativ bei der Krankenhausentlassung in der Gruppe MUL bei 93,8% der Patienten. Insgesamt waren in dieser Gruppe 52,1% schmerzfrei. In der Gruppe LEK fand sich eine gute bis sehr gute Besserung der Lumbalgien bei 83,4% der Patienten, in dieser Gruppe waren nur 31,3% schmerzfrei.

Bei der Folgeuntersuchung ein Jahr postoperativ wurde eine weitere Besserung in beiden Gruppen festgestellt. In der Gruppe MUL stieg die Zahl der Patienten mit guten bis sehr guten Ergebnissen auf 97,8%, schmerzfrei waren insgesamt 62,5%. In der Gruppe LEK stieg die Anzahl der Patienten, die gute bis sehr gute Besserung angaben, auf 85,5%, insgesamt waren 50% schmerzfrei. Eine Verschlechterung der Lumbalgien nach einem Jahr ergab sich bei einem Patienten (2,1%) in der Gruppe LEK und bei zwei Patienten (4,2%) in der Gruppe MUL. Bei jeweils einem Patienten (2,1%) in jeder Gruppe wurde die Verschlechterung durch eine Instabilität verursacht. Nach der sekundären Stabilisierung mittels PLIF kam es zu einer Besserung der Lumbalgien. Bei dem dritten Patienten wurde ein neu aufgetretener Bandscheibenvorfall festgestellt. Die hohe Besserungsrate der Lumbalgien ist ein Hinweis dafür, dass sowohl die alleinige minimalinvasive Laminotomie als auch die alleinige Laminektomie bei einer lumbalen SKS (auch bei Anwesenheit einer fixierten Spondylolisthese) nicht zu einer vermehrten Instabilität führen. Diese Ergebnisse wurden ein Jahr nach der Dekompression erhoben. Es liegen Untersuchungen von anderen

Autoren mit einer postoperativen Nachuntersuchungszeit von 4-10 Jahren vor, bei denen ebenfalls eine ähnlich niedrige Instabilitätsrate festgestellt wurde [**19**,**24**,**73**].

Thome et al. fanden von 115 Patienten in einer Patientengruppe, bei der eine unilateraler Laminotomie mit bilateraler Dekompression durchgeführt wurde, eine geringere Rückbildungsrate der Lumbalgien als dies in einer Gruppe mit bilateraler Laminotomie und einer Gruppe mit Laminektomie der Fall war [**102**]. **Postacchini et al.** haben die Resultate nach einer Laminotomie oder einer Laminektomie bei insgesamt 67 Patienten verglichen. Bei einer mittleren Nachuntersuchungszeit von 3,7 Jahren sahen sie günstigere Ergebnisse bei der Besserung der Lumbalgien bei den Laminotomien, jedoch traten bei alleiniger Laminotomie mit Erhalt der Kontinuität des Wirbelbogens vermehrt neurale Komplikationen auf [**78**]. **Rompe et al.** konnten bei einem mittleren Follow-up von acht Jahren zwischen drei Gruppen (Undercutting Dekompression / Laminektomie / Laminektomie mit instrumentierter Fusion) mit insgesamt 117 Patienten keine signifikanten Unterschiede für die Parameter „low back outcome scale“, „Turner- Score“ und Gehstrecke finden [**84**]. Auch bei den Patienten in unseren Vergleichsgruppen konnte eine gute bis sehr gute Verbesserung der Schmerzen und der Gehstrecke festgestellt werden.

Ischialgien

Eine Besserung der Ischialgien bei der Krankenhausentlassung gaben in der Gruppe MUL alle Patienten an, insgesamt waren 68,7% schmerzfrei. In der Gruppe LEK lag die Besserung der Ischialgien bei 83,3%, schmerzfrei waren 58,3%. Eine Besserung der Claudicatio spinalis trat in der Gruppe MUL bei 96% und in der Gruppe LEK bei 79% der Patienten auf. Nach einem Jahr konnte eine weitere Besserung der Ischialgien in der Gruppe MUL bei 97,8% der Patienten festgestellt werden, insgesamt waren 81,2% beschwerdefrei. Bei beiden Gruppen zeigte sich direkt postoperativ und ein Jahr nach der Operation eine hochsignifikante Besserung der Schmerzen ($p < 0,001$). Eine Verschlechterung der Ischialgien kam in der Gruppe MUL bei einem Patienten (2,1%) vor, die aber nicht durch die Operation verursacht war (s. Seite 60, Kapitel 5.3). Die hohe Besserungsrate der Ischialgien bei der Laminektomie kann begründet werden durch die beidseitige Dekompression der Nervenwurzeln im Bereich des Recessus lateralis oder aber durch die Foraminotomie. Die minimalinvasive unilaterale Laminotomie mit bilateraler Dekompression erreichte ebenfalls wie die Laminektomie eine gute bis sehr gute

Besserungsrate der Ischialgien, aber mit einer weniger destabilisierenden Dekompression durch Erhalt der Dornfortsätze und der Ligamenta interspinosa. Es lässt sich daraus ableiten, dass mit der weniger invasiven Dekompression ebenfalls eine gute Entlastung der nervalen Strukturen erreichbar ist. Diese Aussage ist auch durch experimentelle intrathekale in-vitro-Volumen-Messungen an humanen Wirbelsäulen in einem Vergleich zwischen der Laminotomie und der Laminektomie nachgewiesen worden [**14**].

5.2.2 Schmerzintensität nach NAS

Ein signifikanter Unterschied zwischen den Vergleichsgruppen fand sich postoperativ mit p=0,040 beim Gesamtschmerz in Ruhe und mit p=0,012 bei den Lumbalgien zu Gunsten der Gruppe MUL. Nach einem Jahr war der Gesamtschmerz in Ruhe nach NAS in beiden Gruppen auf 1 Punkt gesunken (präoperativ lag die Schmerzintensität durchschnittlich bei 5,6 Punkten). Der Gesamtschmerz bei Belastung war in der Gruppe MUL auf 1,6 und in der Gruppe LEK auf 1,2 Punkte gesunken. Nach einem Jahr konnte in beiden Gruppen eine sehr gute Besserung der Schmerzintensität festgestellt werden. Die Schmerzintensität fiel im Vergleich zur Laminektomie in der frühen postoperativen Phase für die minimalinvasive Laminotomie mit bilateraler Dekompression für die lumbalen Schmerzen und Gesamtschmerzen in Ruhe signifikant günstiger aus. Dieses kann mit dem geringeren Operationstrauma erklärt werden.

5.2.3 Gehfähigkeit

Eine gute bis sehr gute Besserung der Gehfähigkeit wurde postoperativ bei Krankenhausentlassung in der Gruppe MUL von 95,9% der Patienten und in der Gruppe LEK von 72,9% der Patienten angegeben. Mit einem p=0,019 lag hier ein signifikanter Vorteil für die Gruppe MUL vor. Keine Änderung der Gehfähigkeit gaben 6,3% und eine Verschlechterung gab ein Patient (2,1%) in der Gruppe LEK an. Keine Einschränkung der Gehstrecke gaben 89,6% der Patienten in der Gruppe MUL und 47,9% der Patienten in der Gruppe LEK an. Hier zeigte sich ein mit p<0,001 hochsignifikanter Vorteil für die Gruppe MUL. Postoperativ nahmen 22,9% der Patienten in der Gruppe MUL einen Gehwagen zur Hilfe. In der Gruppe LEK waren es 45,8%. Hier fand sich mit p=0,049 ein signifikanter Unterschied zu Gunsten der Gruppe MUL. Nach einem Jahr ist in beiden Gruppen eine hochsignifikante Besserung der Gehfähigkeit und der Gehstrecke von p<0,001 feststellbar. In der Gruppe MUL gaben 75% der Patienten eine Besserung der Gehstrecke von über 400 m an. Insgesamt hatten 58,3% keine Einschränkung der Gehstrecke. In der Gruppe

LEK gaben 79% der Patienten eine Besserung der Gehstrecke von über 400 m an. Insgesamt hatten 62,5% keine Einschränkung der Gehstrecke. Nach einem Jahr hatte sich die Gehfähigkeit und die schmerzfreie Gehstrecke in beiden Gruppen angeglichen (p=0,790). Für die Patienten mit der Laminektomie fiel das Ergebnis etwas günstiger aus. Dieser Unterschied ist mit der Verschlechterung der vorbestehenden peripheren AVK und Coxarthrose der Patienten in der Gruppe MUL erklärlich. Die bessere Mobilität in der frühen postoperativen Phase mit längerer Gehstrecke und deutlich geringerem Bedarf an Gehhilfen bei der minimalinvasiven Laminotomie ist ebenfalls mit dem geringeren Operationstrauma zu begründen; die Angleichung der Ergebnisse nach einem Jahr ist durch die Ausheilung der Operationswunden, bei der traumatischen LEK mehr Zeit einnimmt plausibel zu erklären.

5.2.4 ODI-Vergleich präoperativ und ein Jahr postoperativ

Die durchschnittliche Lebensqualität war aufgrund der lumbalen Beschwerden laut ODI-Fragebogen stark eingeschränkt. In der Gruppe MUL ergab sich ein Durchschnittswert der Einschränkung von 50,70%, in der Gruppe LEK von 53,56%. Ein Jahr postoperativ zeigte sich anhand des gleichen Fragebogens eine hochsignifikante Besserung für beide Gruppen mit nur noch einer Einschränkung der Lebensqualität von jeweils 14%. In der Gruppe MUL fand sich bei den Patienten (n=14) mit zusätzlicher Spondylolisthese präoperativ eine durchschnittliche Einschränkung des ODI von 43,2%. Bei der Folgeuntersuchung nach einem Jahr kam zu einer hochsignifikanten Besserung. Die Einschränkung lag bei 14,5%. Bei der Gruppe LEK (n=10) lag die präoperative Einschränkung des ODI bei 49,4%. Nach einem Jahr kam es ebenfalls zu einer hochsignifikanten Besserung. In dieser Gruppe lag die Einschränkung sogar bei nur 13,3%. Zwischen den Gruppen bestand kein signifikanter Unterschied.

Sasai et al. verglichen Patienten mit lumbaler SKS in zwei Gruppen von 23 Patienten mit und 25 Patienten ohne degenerative Spondylolisthese, die eine unilaterale Laminotomie mit bilateraler Dekompression erhielten. Nach 2 Jahren fanden sie eine Einschränkung nach ODI von 18% in der Gruppe der Patienten mit Spondylolisthese und 14% in der Gruppe mit alleiniger lumbaler SKS [**85**]. Die Ergebnisse dieser Befragung bestätigen die Ergebnisse auch anderer Studien, bei denen nach alleiniger Dekompression mit Laminektomie und Laminotomie keine klinisch relevante Instabilität nachgewiesen wurde [**19**,**73**].

5.2.5 Alltagseinschränkung und Mobilität

Nach einem Jahr zeigte sich in beiden Gruppen eine Besserung der Alltagsbewältigung und der Mobilitätseinschränkung anhand des selbst entworfenen Fragebogens mit 18 Fragen. In der Gruppe MUL sank die Einschränkung im Alltag und in der Mobilität von anfangs 42,8% auf nur noch 20,8%, in der Gruppe LEK besserte sich die Einschränkung von 44,6% auf 23,5%. Trotz der weiterhin bestehenden, allerdings geringfügigen Einschränkung fand sich eine mit $p<0,001$ hochsignifikante Besserung im Alltag für beide Gruppen. Zwischen den beiden Gruppen bestand ein Jahr postoperativ kein statistisch signifikanter Unterschied ($p=0,333$). Die Ergebnisse dieses Fragebogens korrelieren mit den Ergebnissen des ODI in dieser Untersuchung.

5.2.6 Zufriedenheit

Postoperativ bei der Krankenhausentlassung gaben 97,9% der Patienten in der Gruppe MUL und 91,7% in der Gruppe LEK eine gute bis sehr gute Besserung der Beschwerden an. Nach einem Jahr betrug die Zufriedenheit noch jeweils 83,4%. Wenig zufrieden oder unzufrieden mit dem Operationsergebnis war bei der Krankenhausentlassung in der Gruppe MUL ein Patient (2,1%), in der Gruppe LEK waren es vier Patienten (8,4%). Ein Jahr postoperativ stieg der Anteil in beiden Gruppen auf jeweils acht Patienten (16,6%) an. Die subjektiven Angaben über den Beschwerdeverlauf und die Zufriedenheit der Patienten ist ein guter Hinweis für die Effektivität der angewandten Therapieverfahren. In dieser Arbeit wurde für beide Operationsverfahren eine hohe Zufriedenheitsrate festgestellt.

Im Vergleich dazu fanden **Çırak et al.** von 300 Patienten mit Laminektomie und extensiver Foraminotomie bei der Nachuntersuchung zwei Jahre später bei 90% der Patienten ein gutes bis sehr gutes Ergebnis. Bei keinem Patienten trat durch die Operation eine Verschlechterung ein [**23**]. **Jolles et al.** haben in ihrer Studie bei 77 Patienten wegen einer lumbalen SKS eine Laminektomie durchgeführt, davon bei 16% mit Spondylodese. Die Rate an guten bis sehr guten Ergebnissen lag nach 6,5 Jahren bei 79%. Die Rate an zufriedenen Patienten betrug sogar 90% [**48**]. **Iguchi et al.** fanden bei 37 Patienten zehn Jahre nach einer Dekompression mittels Laminektomie nur noch bei 56,7% ein gutes bis sehr gutes Ergebnis, für 21,6% aber ein schlechtes Ergebnis [**43**]. Bei **Sasai et al.** waren 83% der Patienten mit und 88% der Patienten ohne Spondylolisthese nach MUL zufrieden bis sehr zufrieden. Es trat keine Verschlechterung auf und nur bei einem Patienten der Gruppe mit Spondylolisthese gab es gar keine Verbesserung. Mit einer Ausnahme würden

alle Patienten die durchgeführte Operation weiterempfehlen [**85**]. Das entspricht dem Ergebnis in der vorliegenden Studie, wo bei der Methode MUL ein Jahr nach der Operation 96% eine Empfehlung aussprechen würden, in der Gruppe LEK aber 85% der Patienten.

5.2.7 Vergleich der operativen Daten

Die Operationsdauer lag in der Gruppe MUL bei durchschnittlich 87 Minuten und in der Gruppe LEK bei 81 Minuten. Mit einer um 6 Minuten kürzeren Operationszeit schnitt die Gruppe LEK besser ab ($p = 0,026$). Bei dem operationsbedingten Blutverlust und bei der Anzahl der notwendigen Wunddrainagen schnitt die Gruppe MUL deutlich besser ab als die Gruppe LEK (jeweils $p < 0,001$). Auch die Hautschnittlänge war in der Gruppe MUL mit durchschnittlich 2,8 cm im Vergleich zu 5,6 cm in der Gruppe LEK deutlich kleiner ($p < 0,001$). Insgesamt war also das Operationstrauma in der Gruppe MUL deutlich geringer als in der Gruppe LEK. Bei den intraoperativen Daten war die minimalinvasive unilaterale Laminotomie mit bilateraler Dekompression in allen untersuchten Parametern bis auf die geringe Differenz bei der Operationsdauer signifikant vorteilhafter als die Laminektomie. Das geringere Operationstrauma sowie die kürzere Kranken-hausverweildauer (s.5.2.9) wiegt sicherlich die signifikant, aber nicht substantiell längere Operationszeit (6 Min.) auf.

5.2.8 Früh und Spätkomplikationen

Komplikationen

Eine intraoperative Duraläsion trat in der Gruppe MUL bei 10,4% und in der Gruppe LEK bei 14,6% der Patienten auf. Es ergaben sich jedoch keine konsekutiven neurologischen Komplikationen. Mit $p=0,759$ fand sich keine statistische Signifikanz. Wegen einer persistierenden Liquorfistel war bei einem Patienten (2,1%) in der Gruppe MUL eine operative Revision notwendig. Wegen eines postoperativen epiduralen Hämatoms wurden in der Gruppe MUL ein Patient (2,1%) und in der Gruppe LEK vier Patienten (8,3%) nachoperiert. Dennoch bestand mit $p=0,362$ keine Signifikanz. Die Komplikationsrate entsprach für beide Operationsverfahren den in der Literatur angegebenen durch-schnittlichen Komplikationsraten [**24**,**40**,**48**,**73**]. **Çavuşoğlu et al**. berichten bei Lamino-tomie in 6% der Fälle über eine ipsilaterale Duraläsion, im Vergleich zu 4% bei einer Laminektomie bzw. Hemilaminektomie [**19**]. **Postacchini et al.** fanden bei Vergleich der

Laminotomie mit der Laminektomie vermehrt neurale Komplikationen bei der Laminotomie [**78**]. Die in unserer Arbeit strikte Anwendung der Mikrochirurgie mit besserer Visualisierung und der schonende Umgang mit den nervalen Strukturen dürften diesen Unterschied erklären.

Zunahme oder Auftreten einer Spondylolisthese mit Instabilität

Präoperativ bestand in der Gruppe MUL bei 29,2% und in der Gruppe LEK bei 20,9% (p=0,480) der Patienten eine Pseudospondylolisthese bis Grad I nach Meyerding ohne radiologischen Nachweis einer Hypermobilität in dem betroffenen Segment. Obwohl in der Literatur bei einigen Autoren die Gefahr einer Instabilität bei alleiniger Dekompression ohne Stabilisierungsmaßnahmen diskutiert wird [**10**,**41**,**44**], trat in dieser Studie postoperativ innerhalb des Nachuntersuchungszeitraums jeweils nur bei einem Patienten in jeder Gruppe (2,1%) eine Zunahme des Wirbelgleitens bei vorbestehender Spondylolisthese in Segment LW4/5 auf. Beide erhielten eine Stabilisierung mittels einer PLIF mit Fixateur intern in einer notwendigen Folgeoperation.

In dieser vorliegenden Studie wurden allerdings nur Patienten mit einem klinischen Verdacht auf eine Instabilität radiologisch nachuntersucht, da es nur bei diesen Patienten eine Notwendigkeit für eine Stabilisierung gibt. Es gibt jedoch Studien, bei denen eine postoperative radiologische Kontrolle bei allen Studienteilnehmern durchgeführt wurde. Dabei wurde eine radiologische Instabilität bei 9% der Patienten festgestellt. Diese Instabilitäten führten aber zu keinen klinischen Konsequenzen [**48**].

5.2.9 Krankenhausverweildauer

Mit einem durchschnittlichen Gesamtkrankenhausaufenthalt von 10 Tagen (p=0,018) und einer postoperativen Liegezeit von 7 Tagen (p=0,004) schnitt die Gruppe MUL besser ab. In der Gruppe LEK betrug der Gesamtaufenthalt 11 und die postoperative Liegezeit 9 Tage. Diese kürzere postoperative Krankenhausverweildauer wurde bei der minimalinvasiven unilateralen Laminotomie mit bilateraler Dekompression auch von anderen Autoren beobachtet [**19**,**24**,**73**].

5.3 Gründe für Verschlechterungssymptome, die nicht mit der Dekompression in Zusammenhang stehen

Bei der Folgeuntersuchung nach einem Jahr wurde bei einem Patienten in der Gruppe LEK bei persistierenden Beschwerden eine symptomatisch gewordene Stenose des darüber liegenden Segments LW3/4 festgestellt. Bei einer Patientin in der Gruppe MUL mit rechtsseitigen Lumboischialgien wurde ein Bandscheibenvorfall LW5/SW1 nachgewiesen. Diese Patienten mussten wegen dieser Erkrankungen erneut operiert werden. Bei zwei weiteren Patienten in der Gruppe MUL wurde eine Verschlechterung einer vorbestehenden peripheren AVK festgestellt, die gefäßchirurgisch behandelt werden musste. Eine Patientin in der Gruppe LEK erhielt nach der Folgeuntersuchung wegen einer Verschlechterung einer Coxarthrose rechts eine Hüftendoprothese. Bei einem Patienten in der Gruppe LEK und bei einer Patientin in der Gruppe MUL mit starken Lumboischialgien wurde eine Zunahme der Mobilität der vorbestehenden Spondylolisthese des Segments LW4/5 festgestellt. Diese Patienten bekamen eine PLIF mit Pedikelschrauben und Fixateur intern.

5.4 Instabilität

Besonders kontrovers wird diskutiert, ob mit der Dekompression eine gleichzeitige Stabilisierung durchgeführt werden sollte:

Nach **Delank** kann präoperativ zwischen stabiler und instabiler lumbaler Spinalkanalstenose differenziert werden. Nach einer Dekompression tritt bei stabiler lumbaler SKS bei 4,6% bis 54% der Patienten eine Zunahme des Wirbelgleitens auf, während bei instabiler lumbaler SKS Angaben von 40% bis 100% gemacht werden [**30**].

In einer prospektiven Untersuchung beobachtete **Herkowitz** postoperativ bei 96% seiner Patienten mit alleiniger Dekompression eine vermehrte Instabilität, bei Patienten mit einer zusätzlichen intertransversalen Spondylodese jedoch nur bei 28% [**41**].

In einer 2005 veröffentlichten Metaanalyse recherchierte **Resnick et al.** 204 Studien zwischen den Jahren 1966 und 2003 und wertete davon 32 Referenzen mit der Evidenzklasse III aus. In diesen Studien hatten die Patienten keine Spondylolisthesen oder instabile Skoliosen. Er fand keine Beweise für die Hypothese, dass die Fusion mit oder ohne Instrumentation der alleinigen Dekompression überlegen war. Die Erfolgsrate der Dekompression gibt er zwischen 60 und 75% an. Er fand Anhaltspunkte dafür, dass eine zusätzliche Fusion zur Dekompression nur bei den Patienten das Ergebnis verbesserte, bei

denen präoperativ in den LWS-Funktionsaufnahmen radiologisch eine Instabilität mit Hypermobilität des Segments nachgewiesen wurde. Er berichtet auch über Studien, in denen beschrieben wird, dass Patienten mit einer lumbalen SKS ohne Deformität oder Instabilität bei einer ausgedehnten Dekompression oder Facettektomie eine iatrogene Instabilität erleiden können und daher eine Fusion bei diesen Patienten das Ergebnis verbessere [**83**]. Bei einigen Studien wird auf eine vermehrte Instabilität bei der bilateralen Laminotomie und auch bei der Laminektomie hingewiesen [**35**,**45**,**52**,**55**,**71**,**78**,**84**,**99**].

Niggemeyer et al. haben ebenfalls in einer Metaanalyse 30 Studien analysiert, die von 1975 bis 1995 veröffentlich wurden. In diesen Studien wurden insgesamt 1668 Patienten mit einer degenerativen lumbalen SKS operiert. In dieser Metaanalyse wurde festgestellt, dass die Patienten, die bis zu 8 Jahren die Symptome einer lumbalen SKS hatten, durch eine alleinige Dekompression die besten Ergebnisse hatten. Wenn die Symptome aber 15 Jahre oder mehr bestanden, hatten die Patienten durch eine Dekompression mit simultaner instrumentierter Fusion die besten Ergebnisse. In dieser Analyse stellte Niggemeyer auch fest, dass im Durchschnitt die alleinige Dekompression die höchste Erfolgsrate und die geringste Komplikationsrate hatte, gefolgt von der Dekompression mit instrumentierter Fusion. Am schlechtesten schnitt die Dekompression mit Fusion ohne Instrumentierung ab [**72**].

In einer von **Turner et al.** 1992 veröffentlichten Metaanalyse wird bei Patienten mit alleiniger Dekompression ein Operationserfolg von 64% angegeben. In dieser Metaanalyse fand er heraus, dass der Nutzen der Dekompression im Laufe der Zeit abnimmt [**106**].

Jolles et al. haben in ihrer Studie bei 77 Patienten wegen einer lumbalen SKS eine Laminektomie durchgeführt. 5% dieser Patienten hatten eine angeborene Spinal-kanalstenose. Bei 21% bestand eine Spondylolisthese. Bei 49% wurde gleichzeitig eine Diskektomie durchgeführt, bei 16% erfolgte zusätzlich eine Fusion wegen einer Instabilität. Die Rate an guten bis sehr guten Ergebnissen lag nach 6,5 Jahren bei 79%. Die Rate an zufriedenen Patienten betrug sogar 90%. Dennoch trat in dieser Studie bei 7% der Patienten eine sekundäre Instabilität auf. Sie verursachte allerdings keine klinischen Beschwerden [**48**].

Charafeddine et al. (1994) stellten nach einer Laminektomie und partiellen Facettektomie häufig eine Zunahme einer vorbestehenden Spondylolisthese fest. Diese korrelierte jedoch

nicht mit einem schlechteren Operationsergebnis [**21**]. **Schulitz et al.** veröffentlichten 1995 eine Studie über 46 Patienten, bei denen eine Laminektomie ohne simultane Fusion oder Bandscheibenoperation durchgeführt wurde. Bei 63% fanden sie ein gutes bis sehr gutes Ergebnis, bei 9% der Patienten trat eine Verschlechterung auf. Sie beschrieben nach der Laminektomie einen Zusammenhang zwischen postoperativer Instabilität bzw. Abrutschen und Zunahme einer bereits präoperativ bestehenden Instabilität. Sie sahen aber keinen Zusammenhang zwischen dem Auftreten von Beschwerden und einer Instabilität [**87**].

Fox et al. beschrieben 1996 in ihrer retrospektiven Studie mit 124 Patienten mit einer lumbalen SKS (mittlerer Untersuchungszeitraum 5,8 Jahre) eine Erfolgsrate von 91% bei denen, die zur Dekompression eine Fusion erhielten. Bei den Patienten mit alleiniger Dekompression durch eine Laminektomie lag der Erfolg bei 75%. Sie beschrieben in ihrer Studie, dass eine Fusion hauptsächlich dann bessere Ergebnisse brachte, wenn die Patienten vorhergehende radiologische und/oder klinische Instabilitätszeichen hatten [**35**,**54**].

In der vorliegenden Studie lag der Erfolg nach einem Jahr für die beiden Verfahren MUL und LEK bei 83,4%. In dieser Studie hatten 29% der Patienten in der Gruppe MUL und 21% der Patienten in der Gruppe LEK eine nicht-mobile Spondylolisthese. Es kam nach einem Jahr nur bei 2,1% der Patienten zu einer Verschlechterung durch eine Instabilität, die sekundär stabilisiert werden musste. Eine sofortige Stabilisierung wäre also in fast 98% überflüssig gewesen. Die Einjahresergebnisse dieser Arbeit, sowie die allgemein höheren Komplikationsraten einer Stabilisierung bestätigen die Meinung, dass bei einer degenerativen lumbalen SKS bei fehlenden Instabilitätszeichen nur allein eine Dekompression durchgeführt werden sollte.

5.5 Erfolg der Operationsverfahren im Vergleich anderer Studien

Der Gesamterfolg in dieser Arbeit ist vergleichbar mit den publizierten Ergebnissen und bestätigt die Indikation und Sinnhaftigkeit der Dekompression der lumbalen SKS.

Çırak et al. operierten 300 Patienten mittels Laminektomie und extensiver Foraminotomie. Sie fanden bei der Nachuntersuchung zwei Jahre später bei 90% der Patienten ein

gutes bis sehr gutes Ergebnis. Bei keinem Patienten trat durch die Operation eine Verschlechterung ein [**23**].

Iguchi et al. (2000) fanden bei 37 Patienten zehn Jahre nach einer Dekompression mittels Laminektomie nur noch bei 56,7% ein gutes bis sehr gutes Ergebnis, für 21,6% aber ein schlechtes Ergebnis [**43**].

Getty et al. machen für bleibende Beschwerden eine ungenügende laterale Dekompression verantwortlich [**39**].

Dall et al. konnten bei einem Vergleich zwischen der Laminektomie mit Facettektomie (*n*=6) und der Laminektomie mit Foraminotomie mit Erhalt der Gelenkfacette (*n*=11) keine Unterschiede bezüglich des postoperativen Wirbelgleitens feststellen. Sie sahen günstigere klinische Ergebnisse nach der Facettektomie und folgerten, dass für eine ausreichende Dekompression auch die Entfernung der Gelenkfacette notwendig sei [**26**].

Çavuşoğlu et al. verglichen in einer 2007 veröffentlichten Studie, die mit 100 Patienten durchgeführt wurde, die Hemilaminektomie mit kontralateraler Dekompression mit der minimalinvasiven unilateralen Laminotomie mit bilateraler Dekompression bei einer oder mehreren Stenosen im Bereich der LWS. Drei Monate postoperativ fanden sich gute ODI-Werte (Hemilaminektomiegruppe: 14,2; Laminotomiegruppe 12,2 Punkte) nach durchschnittlich 5,4 Jahren. Es erfolgten bei Folgeuntersuchungen MRT-Verlaufskontrollen. Es fanden sich fast identische ODI-Werte (Hemilaminektomiegruppe: 14,2; Laminotomiegruppe: 12,4). Eine Verschlechterung des Operationsergebnisses trat also in beiden Gruppen nicht auf. Eine Instabilität wurde nicht beschrieben [**19**].

5.6 Vergleich der Ergebnisse der Laminektomie mit der minimalinvasiven unilateralen Laminotomie mit bilateraler Dekompression

Delank et al. veröffentlichten 2002 eine Studie über 85 Patienten mit einer ein- oder mehrsegmentalen Stenose im Bereich der LWS. 22 Patienten wurden konservativ behandelt, 63 wurden operiert. Von den operierten Patienten wurden 13 laminektomiert, 27 Patienten erhielten eine einseitige Laminotomie mit Undercutting, bei 23 Patienten erfolgte eine Laminektomie mit instrumentierter Spondylodese. Der Schwerpunkt lag auf der Untersuchung von Instabilitäten der Wirbelsäule durch die Laminotomie bzw. Laminektomie. Sie fanden in dieser Studie sechs Monate postoperativ ein signifikant besseres

Ergebnis in der Laminotomiegruppe im Vergleich zu den beiden anderen Gruppen (p=0,0195). Das spiegelte sich auch in dem Analgetikabedarf gegenüber der Gruppe der Laminektomie wider (p=0,0011). Radiologische Zeichen einer vermehrten Beweglichkeit traten nach einer Laminektomie mit Notwendigkeit einer Spondylodese bei einem Patienten (7,7%) und nach der Laminotomie mit Undercutting ebenfalls bei einem Patienten (3,7%) nicht signifikant häufiger auf. Dennoch empfahl Delank bei Verdacht auf eine ungenügende Dekompression durch Laminotomie mit Undercutting „im Zweifelsfall die Laminektomie nicht zu scheuen“ [**30**].

Auch in der vorliegenden Studie hatten sich nach einem Jahr die Operationsergebnisse angeglichen. Die MUL schnitt signifikant besser ab als die LEK bei den intraoperativen Daten und in der frühen postoperativen Phase durch die geringeren lumbalen Schmerzen in Ruhe, eine bessere Gehfähigkeit und einen geringeren Schmerzmittelbedarf.

Thomé et al. verglichen in ihrer 2005 veröffentlichten prospektiven randomisierten Studie die Daten von 115 Patienten bei einem Nachuntersuchungszeitraum von 12 bis 18 Monaten. Es wurde ohne primäre Stabilisierung die bilaterale Laminotomie, die unilaterale Laminotomie mit bilateraler Dekompression und die Laminektomie durchgeführt. Alle drei Gruppen schnitten ähnlich gut ab. Sie fanden in ihrer Auswertung die besten Ergebnisse für die bilaterale Laminotomie, die allerdings einen erheblich höheren operativen Aufwand darstellte. Bei der unilateralen Laminotomie mit bilateraler Dekompression trat bei 5% und bei der Laminektomie bei 8,8% der Patienten eine Instabilität auf, bei der eine Fusion notwendig wurde. Sie fanden in der Gruppe der Patienten mit unilateraler Laminotomie mit bilateraler Dekompression schlechtere Ergebnisse für die Lumbalgien als in den Gruppen mit bilateraler Laminotomie oder Laminektomie [**102**].

In der vorliegenden Studie trat bei 2,1% der Patienten bei beiden Verfahren eine symptomatische Instabilität auf, bei der eine Stabilisierung notwendig wurde. Ein schlechteres Ergebnis für die Lumbalgien in der Gruppe MUL fand sich im Gegensatz zur Untersuchung von Thomé et al. jedoch nicht.

Oertel et al. haben in ihrer 2006 veröffentlichten Studie bei 102 Patienten die Langzeitergebnisse der unilateralen Laminotomie mit bilateraler Dekompression nach 4-10 Jahren dargestellt. Sie fanden ein gutes bis hervorragendes Ergebnis bei geringem Operationstrauma und nur selten auftretenden Komplikationen oder Instabilitäten. So musste bei 2% der Patienten eine Fusion durchgeführt werden. Sie zitieren aber Autoren (z.B.

[**35**,**45**,**52**,**55**,**71**,**78**,**84**,**99**]), die eine erheblich höhere Inzidenz einer spinalen Instabilität bei bilateraler Laminotomie als auch bei Laminektomie nachweisen [**73**].

Costa et. al untersuchten in einer 2007 veröffentlichten retrospektiven Studie die Daten von 473 Patienten, bei denen insgesamt 520 Ebenen nach der Methode der minimal-invasiven unilateralen Laminotomie mit kontralateraler Dekompression durch Under-cutting operiert wurden. Eine Nachfolgeuntersuchung konnte nach 5 Jahren bei noch 374 Patienten durchgeführt werden. Die Komplikationsrate wurde bei ihnen mit 2,4% angegeben. In 5 Fällen (1,1%) trat bei ihnen eine Duraläsion auf, eine Instabilität trat bei drei Patienten (0,8%) auf. Eine Stabilisierung musste nicht erfolgen. Es traten in dieser Studie keine Restenosen auf. Costa et al. halten dieses Verfahren für eine Methode „vergleichbar mit den besten klinischen Studien in der Literatur bezüglich der Langzeit-Ergebnisse“ [**24**].

In unserer Untersuchung konnte in der Laminektomiegruppe nach einem Jahr eine gute bis sehr gute Erfolgsrate bei den Lumbalgien von 85,5% festgestellt werden. 50% der Patienten in dieser Gruppe gaben keine Lumbalgien mehr an. Eine Verschlechterung der Lumbalgien trat bei 2,1% auf. Eine gute bis sehr gute Besserung der Ischialgien gaben in der Laminektomiegruppe 87,5% an, insgesamt waren 75% schmerzfrei. Eine Verschlechterung der Ischialgien kam nicht vor. In der Gruppe der minimalinvasiven unilateralen Laminotomie mit bilateraler Dekompression lag die gute bis sehr gute Erfolgsrate der Lumbalgien nach einem Jahr bei 93,8%. insgesamt waren 62,5% dieser Patientengruppe beschwerdefrei. Bei den Ischialgien lag der gute bis sehr gute Erfolg bei 97,8%, schmerzfrei waren 81,2% der Patienten. Eine Verschlechterung der Lumbalgien fand sich in dieser Gruppe bei 4,2%, die der Ischialgien lag bei 2,1% der Patienten. Die minimalinvasive unilaterale Laminotomie mit bilateraler Dekompression zeigte in der frühen operativen Phase durch geringeres Operationstrauma, geringe Lumbalgien, bessere Gehfähigkeit, geringere Schmerzen in Ruhe signifikant bessere Ergebnisse als die Laminektomie. Nach einem Jahr haben sich die Ergebnisse der beiden Verfahren angeglichen. Eine symptomatische Instabilität, die stabilisiert werden musste, war jeweils bei einem Patienten aufgetreten.

5.7 Schlußfolgerung

1. Nach den Ergebnissen dieser Studie erreicht die minimalinvasive unilaterale Laminotomie mit bilateraler Dekompression in Cross-Over Technik ebenso wie die Laminektomie eine gute Dekompression und Entlastung der nervalen Strukturen.
2. Beide Dekompressionsverfahren MUL und LEK haben eine gute bis sehr gute Erfolgsrate von jeweils über 80%.
3. In der frühen postoperativen Phase ist die unilaterale Laminotomie mit bilateraler Dekompression wegen des geringeren Operationstraumas, der besseren Schmerzreduktion, der besseren Mobilisation und der kürzeren Krankenhausverweildauer der Laminektomie überlegen.
4. Die unilaterale Laminotomie mit bilateraler Dekompression erreicht ihre gute Erfolgsrate im Gegensatz zur Laminektomie bereits bei der Krankenhausentlassung.
5. In dieser Studie fand sich innerhalb eines Jahres für beide Operationsverfahren eine geringe Instabilitätsrate von jeweils 2,1% auch bei vorbestehender Spondylolisthese. Wegen dieser geringen Instabilitätsrate kann bei der degenerativen lumbalen SKS ohne nachgewiesene Instabilität auf eine primäre Spondylodese verzichtet werden.

6 Zusammenfassung

Studienziel: Ziel dieser prospektiven Untersuchung war, bei einer degenerativen monosegmentalen lumbalen Spinalkanalstenose die **minimalinvasive unilaterale Laminotomie mit bilateraler Dekompression in Cross-Over-Technik (MUL)** mit der **Laminektomie (LEK)** als alleinige Dekompressionsverfahren ohne primäre Stabilisierung zu vergleichen.

Methode: 104 Patienten mit einem Altersdurchschnitt von 71±9 Jahren mit einer monosegmentalen symptomatischen degenerativen lumbalen Spinalkanalstenose einschließlich einer eventuell vorhandenen fixierten Spondylolisthese bis Grad I nach Meyerding, wurden untersucht. Die Wahl der Operationsmethode traf der Operateur nach seinem Ermessen. Ausgewertet wurden die Daten der klinischen, radiologischen, intra- und perioperativen Befunde, sowie die Ergebnisse der Befragungen über die Schmerzintensität und Zufriedenheit wurden präoperativ, bei der Krankenhausentlassung und nach einem Jahr verglichen. Nach einem Jahr konnten die Daten von insgesamt 96 Patienten ausgewertet werden, aufgeteilt zu je 48 Patienten in jeder der Vergleichsgruppen.

Ergebnisse: Die MUL war der LEK in der frühen postoperativen Phase in folgenden Punkten überlegen: geringere Lumbalgien; geringerer Gesamtschmerz in Ruhe; längere schmerzfreie Gehstrecke; geringerer Bedarf einer Gehhilfe; geringeres Operationstrauma mit geringerem Blutverlust. Bei den Komplikationen gab es in beiden Gruppen keinen signifikanten Unterschied. Nach einem Jahr hatten sich die Ergebnisse angeglichen mit hochsignifikanten Besserungen in allen Parametern. Beschwerdefrei ein Jahr postoperativ waren in beiden Gruppen 79,2% der Patienten. 98% der Patienten in der Gruppe MUL und 92% in der Gruppe LEK waren bei Krankenhausentlassung zufrieden bis sehr zufrieden, ein Jahr postoperativ waren in beiden Gruppen noch 83,4% zufrieden, bei den anderen lagen die Gründe häufig an anderweitigen Erkrankungen. Lediglich bei einem Patienten je Gruppe (2,1%) musste eine Stabilisierung wegen dekompressionsbedingter Instabilität durchgeführt werden.

Schlussfolgerung: Die minimalinvasive unilaterale Laminotomie mit bilateraler Dekompression sollte wegen der guten Langzeitergebnisse sowie der intraoperativen und der frühen postoperativen Vorteile der Laminektomie vorgezogen werden. Bei diesen beiden Verfahren der alleinigen Dekompression bei degenerativer lumbaler Spinalkanalstenose sind Instabilitäten auch bei vorhandener Spondylolisthese selten und eine primäre Spondylodese überflüssig.

7 Literaturverzeichnis

[1] Airaksinen O, Herno A, Kaukanen E, Saari T, Sihvonen T, Suomalainen O: Density of lumbar muscles 4 years after decompressive spinal surgery. Eur. Spine J. 5, 193–197 (1996)

[2] Airaksinen O, Herno A, Turunen V, Saari T, Suomlainen O: Surgical outcome of 438 Patients treated surgically for lumbar spinal stenosis. Spine 22, 2278-2282 (1997)

[3] Amundsen T, Weber H, Nordal HJ, Magnaes B, Abdelnoor M, Lilleâs F: Lumbar spinal stenosis: conservative or surgical management?: A prospective 10-year study. Spine 25(11), 1435-1436 (2000)

[4] Arct WA: Congenital, acquired and iatrogenic stenoses of the lumbosacral spinal canal and neurogenic intermittent claudication. Z. Orthop. Ihre Grenzgeb. 113(4), 792-794 (1975)

[5] Arnoldi CC, Brodsky AE, Cauchoix J, Crock HV, Dommisse GF, Edgar MA, Gargano FP, Jacobson RE, Kirkaldy-Willis WH, Kurihara A, Langenskiöld A, Macnab I, McIvor GW, Newman PH, Paine KW, Russin LA, Sheldon J: Lumbar spinal stenosis and nerve root entrapment syndromes. Definition and classification. Clin. Orthop. Relat. Res. 115, 4 (1976)

[6] Athivraham A, Yen D: Is spinal stenosis better treated surgically or nonsurgically? Clin.Orthop.Relat.Res. 458, 90-93 (2007)

[7] Atlas SJ, Keller RB, Robson D, Deyo RA, Singer DE: Surgical and nonsurgical management of lumbar spinal stenosis – Four-Year outcome from the main lumbar spine study. Spine 25, 556-562 (2000)

[8] Atlas SJ, Keller RB, Wu YA,DRA, 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 30, 936-943 (2005)

[9] Benini A: Ischias ohne Bandscheibenvorfall: Die Stenose des lumbalen Wirbelkanals. 2. Aufl., Verlag Hans Hubert, Bern Stuttgart Toronto, 1986

[10] Benini A: Die lumbale Wirbelkanalstenose - Ein Überblick 50 Jahre nach den ersten Beschreibungen. Orthopäde 22, 257-266 (1993)

[11] Benini A: Selektive lumbale mediolaterale und laterale Wurzeldekompression bei lateraler Wirbelkanalstenose. Operat. Orthop. u. Traumatologie 12, 287-296 (2000)

[12] Benz RJ, Ibrahim ZG, Afshar P, Garfin SR: Predicting complications in elderly patients undergoing lumbar decompression. Clin. Orthop. 384, 116-121 (2001)

[13] Boden SD, Davis DO, Dina TS, Patronas NJ, Wiesel SW: Abnormal Magnetic-Resonance Scans of the Lumbar Spine in Asymptomatic Subjects - A Prospective Investigation. J. Bone Joint Surg. Am. 72, 403-408 (1990)

[14] Borowski S: Vergleichende intrathekale Volumenmessungen an LWS Präparaten des Menschen mit degenerativer Spinalkanalstenose zwischen interlaminärer Dekompression L3/4, interlaminärer Dekompression L4/5 und Laminektomie L4. Med. Diss. Bochum, 2003

[15] Bose K, Balasubramaniam P: Nerve root canals of the lumbal spine. 9(1), 16-18 (1984)

[16] Bridwell KH, Sedgewick TA, O'Brien MF, Lenke LG, Baldus C: The role of fusion and instrumentation in the treatment of degenerative spondylolisthesis with spinal stenosis. J. Spinal Disord. 6, 461-472 (1993)

[17] Carreon LY, Puno RM, Dimar JR, Glassman SD, Johnson JR: Perioperative complications of posterior lumbar decompression and arthrodesis in older adults. J. Bone Joint Surg. Am. 85, 2089-2092 (2003)

[18] Caspar W: A new surgical procedure for lumbar disc herniation causing less tissue damage through a microsurgical approach. In: Wüllenweber R, Brock M, Hamer J (Hrsg.): Advances in Neurosurgery. 74-77, Springer-Verlag, Berlin, 1977

[19] Çavuşoğlu H, Kaya RA, Türkmenoğlu ON, Tuncer C, Çolak İ, Aydın Y: Midterm outcome after unilateral approach for bilateral decompression of lumbar spinal stenosis: 5-year prospective study. Eur. Spine J. 16(12), 2133-2142 (2007)

[20] Chang Y, Singer DE, Wu YA, Keller RB, Atlas SJ: The effect of surgical and nonsurgical treatment on longitudinal outcomes of lumbar spinal stenosis over 10 years. J.Am.Geriatr.Soc. 53, 785-792 (2005)

[21] Charafeddine H, Gangloff S, Onimus M: Postoperative instability after laminoarthrectomy for degenerative lumbar stenosis. Rev. Chir. Orthop. Reparatrice Appar. Mot. 80, 379-387 (1994)

[22] Ciol MA, Deyo RA, Howell E, Kreif S: An assessment of surgery for spinal stenosis: time trends, geographic variations, complications, and reoperations. J. Am. Geriatr. Soc. 44(3), 285-290 (1996)

[23] Çırak B, Alptekin M, Palaoğlu S, Özcan OE, Özgen T: Surgical therapy for lumbar spinal stenosis: evaluation of 300 cases. Neurosurg. Rev. 24, 80-82 (2001)

[24] Costa F, Sassi M, Cardia A, Ortolina A, de Santis A, Luccarell G, Fornari M: Degenerative lumbar spinal stenosis: analysis of results in a series of 374 patients treated with unilateral laminotomy for bilateral microdecompression. J. Neurosurg: Spine 7(6), 579-586 (2007)

[25] Crock HV: Normal and pathological anatomy of the lumbar spinal nerve root canals. J. Bone Joint Surg. Br. 63B(4), 487-490 (1981)

[26] Dall BE, Rowe DE: Degenerative spondylolisthesis.Its surgical management. Spine 10, 668-672 (1985)

[27] Deen HGJ, Zimmerman RS, Swanson SK, Larson TR: Assessment of bladder function after lumbar decompressive laminectomy for spinal stenosis: a prospective study. J. Neurosurg. 80, 971-974 (1994)

[28] Dejerine J: Le claudicatio intermittante de la moelle epiniere. Press. Med. 19, 981-984 (1911)

[29] Delank KS, Eysel P: Die lumbale Spinalkanalstenose. In: Reichel H, Zwipp H, Hein W (Hrsg.): Wirbelsäulenchirurgie. Standortbestimmung und Trends. 245-269, von Steinkopff-Verlag, Darmstadt, 2000

[30] Delank KS, Eysel P, Zöllner J, Drees P, Nafe B, Rompe JD: Undercutting decompression vs. Laminektomie Klinische und radiologische Ergebnisse einer prospektiv-kontrollierten Studie. Orthopäde 31, 1048–1056 (2002)

[31] Deyo RA, Nachemson A, Mirza SK: Spinal-fusion surgery-the case for restraint. N. Engl. J. Med. 350(7), 722–726 (2004)

[32] Ebeling U, Reulen HJ: Neurochirurgische Behandlung der lumbalen Stenose. Nervenarzt 63, 200-204 (1992)

[33] Feldmann J, König FA, Schultz W: Ergebnisse der operativen Behandlung degenerativer lumbaler Spinalkanalstenose eine retrospektive Analyse. Z. Orthop. Unfall 145(6), 729-735 (2007)

[34] Feldmann PH, Wittenberg RH: Operative Therapie des engen Spinalkanals. Orthopäde 32(10), 877-888 (2003)

[35] Fox MW, Onofrio BM, Hanssen AD: Clinical outcomes and radiological instability following decompressive lumbar laminectomy for degenerative spinal stenosis: a comparison of patients undergoing concomitant arthrodesis versus decompression alone. J.Neurosurg. 85(5), 793-802 (1996)

[36] Fränkel J, Sachs B: Progressive Ankylotic Rigidity of the Spine (Spondylose Rhizomelique). J. of Nervous and Mental Disease 27(1), 1-15 (1900)

[37] Fujita T, Kostuik JP, Huckell CB, Sieber AN: Complications of spinal fusion in adult patients more than 60 years of age. Orthop. Clin. North Am. 29, 669-678 (1998)

[38] Fukusaki M, Kobayashi I, Hara T, Sumikawa K: Symptoms of spinal stenosis do not improve after epidural steroid injection. The Clinical Journal of Pain 14(2), 148-151 (1998)

[39] Getty CJ, Johnson JR, Kirwan EO, Sullivan MF: Partial undercutting facetectomy forbony entrapment of the lumbar nerve root. J. Bone Joint Surg. Br. 63, 330-335 (1981)

[40] Hansraj KK, Cammisa FPJ, O'Leary PF, Crockett HC, Fras CI, Cohen MS, Dorey FJ: Decompressive surgery for typical lumbar spinal stenosis. Clin. Orthop. 384, 10-17 (2001)

[41] Herkowitz HN: Degenerative lumbar spondylolisthesis with spinal stenosis. J. Bone Joint Surg. Am. 73, 802-808 (1991)

[42] Herron L: L4–5 Degenerative Spondylolisthesis.The results of treatment by decompressive laminectomy without fusion. Spine 14, 534-538 (1989)

[43] Iguchi T, Kurihara A, Nakayama J, Sato K, Kurosaka M, Yamasaki K: Minimum 10-Year Outcome of Decompressive Laminectomy for Degenerative Lumbar Spinal Stenosis. Spine 25, 1754-1759 (2000)

[44] Irwin ZN, Hilibrand A, Gustavel M, McLain R, Shaffer W, Myers M, Glaser J, Hart RA: Variation in surgical decision making for degenerative spinal disorders. Part I: lumbar spine. Spine 30(19), 2208-2213 (2005)

[45] Javid MJ, Hadar EJ: Long-term follow-up review of patients who underwent laminectomy for lumbar stenosis: A prospective study. J. Neuosurg. 89, 1-7 (1998)

[46] Johnson KE: Lumbar spinal stenosis - A retrospective study of 163 cases in southern Sweden. Acta Orthop. Scand. 66, 403-405 (1995)

[47] Johnsson KE, Willner S,JohnssonK: Postoperative instability after decompression for lumbar spinal stenosis. Spine 11(2), 107–110 (1986)

[48] Jolles BM, Porchet F, Theumann N: Surgical treatment of lumbar spinal stenosis. Five-year follow up. J. Bone Joint Surg. Br. 83, 949-953 (2001)

[49] Junghans H: Die Wirbelsäule in Forschung und Praxis. Vol 75., Hippokrates Verlag, Stuttgart, 1980

[50] Junghans H: Spondylolisthesen ohne Spalt im Zwischengelenkstück (Pseudospondylolisthesis). Arch. Orthop. Unfallchirg. 29, 118 (1930)

[51] Junghans H: Spondylolisthesis, Pseudospondylolisthesis und Wirbelverschiebung nach hinten. Bruns Beitr. Klin. Chir. 151, 376 (1931)

[52] Katz JN, Lipson SJ, Chang LC, Levine SA, Fossel AH, Liang MH: Seven to ten-year outcome of decompressive surgery for degenerative lumbar spinal stenosis. Spine 21, 92-98 (1996)

[53] Katz JN, Lipson SJ, Lew RA, Grobler LJ, Weinstein JN, Brick GW, Fossel AH, Liang MH: Lumbar Laminectomy Alone or With Instrumented or Noninstrumented Arthrodesis in Degenerative Lumbar Spinal Stenosis: Patient Selection, Costs, and Surgical Outcomes. Spine 22, 1123-1131 (1997)

[54] Kehler U: Lumbale Spinalkanalstenosen mit Claudicatio spinalis Neurochirurgie. Medtropole 17/09, 655-657 (2009)

[55] Kleeman TJ, Hiscoe AC, Berg EE: Patient outcomes after minimally destabilizing lumbar stenosis decompression: the "Port-Hole" technique. Spine 25(7), 865-870 (2000)

[56] Krämer J: Lumbalsyndrom, Klinische Syndrome. In: Krämer J, Schelberger R, Hedtmann A: Bandscheibenbedingte Erkrankungen. 3. Aufl., Georg Thieme Verlag, 1997

[57] Krämer J, Ludwig J: Spinalkanalstenose. In: Krämer J (Hrsg.): Wirbelsäule und Thorax. 406-418, Georg Thieme Verlag, Stuttgart, New York, 2004

[58] Krämer R, Herdmann J, Krämer J, Haak H, Ludwig J, Wild A, Theodoridis T: Mikrochirurgie der Wirbelsäule Lumbaler Bandscheibenvorfall und Spinalkanalstenose: Indikation, Technik, Nachbehandlung. In: Krämer R, Herdmann J, Krämer J (Hrsg.): Mikrochirurgie der Wirbelsäule. 104-120, Georg Thieme Verlag, Stuttgart, New York, 2005

[59] Langer HE: Rheuma online. 2006 (Tag des Zugriffs 28.03.2010) Internet: http://www.rheuma-online.de/a-z/n/numerische-analogskala.html

[60] Lipson SJ: Spinal-fusion surgery-advances and concerns. N. Engl. J. Med. 350(7), 643-644 (2004)

[61] Little DG, MacDonald D: The use of the percentage change in Oswestry Disability Index score as an outcome measure in lumbar spinal surgery. Spine 19, 2139-2143 (1994)

[62] Love J, Camp J: Root pain resulting from intraspinal protrusion of intervertebral dises:Diagnosis and surgical treatment. J. Bone Joint Surg. 19, 776-804 (1937)

[63] Malmivaara A, Slatis P, Heliovaara M, al. e: Surgical or nonoperartive treatment for lumbal spinal stenosis? A randomized controlled trial. Spine 32, 1-8 (2007)

[64] Mariconda M, Fava R, Gatto A, Longo C, Milano C: Unilateral Laminectomy for Bilateral Decompression of Lumbar Spinal Stenosis: A Prospective Comparative Study with Conservatively Treated Patients. Journal of Spinal Disorders 15(1), 39-46 (2002)

[65] Matzen KA, Ocros C, Ringeisen M: Ergebnisse der operativen Behandlung der knöchernen, lumbalen Stenose. Orthopädische Praxis 30, 347-53 (1994)

[66] Mayer HM, List J, Korge A, Wiechert K: Mikrochirurgie bei degenerativer lumbaler Spinalstenose. Bilaterale Over-the-top-Dekompression durch unilateralen Zugang. Orthopäde 32(10), 889-895 (2003)

[67] Mayer TG, Vanharanta H, Gatchel RJ, Mooney V, Barnes D, Judge L, Smith S, Terry A: Comparison of CT scan muscle measurements and isokinetic trunk strength in postoperative patients. Spine 14(1), 33-36 (1989)

[68] McCulloch J, Young P: Essentials of spinal microsurgery., Lippincott-Raven, New York, 1998

[69] Meyerding HW: Spondylolisthesis. Surg. Gynecol. Obstet. 54, 371-377 (1932)

[70] Mixter WJ, Barr JS: Rupture of the intervertebral discwith involvements of the spinal Kanal. N. Engl. J. Med. 211, 210-215 (1934)

[71] Nakai O, Ookawa A, Yamaura I: Long-term roentgenographic and functional changes in patients who were treated with wide fenestration for central lumbar stenosis. J. Bone. Joint Surg. Am. 73, 1184-1191 (1991)

[72] Niggemeyer O, Strauss JM, Schulitz KP: Comparison of surgical procedures for degenerative lumbar spinal stenosis: a meta-analysis of the literature from 1975 to 1995. Eur. Spine J. 6(6), 423-429 (1997)

[73] 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 59(6), 1264-1269 (2006)

[74] Oppenheim H, Krause F: Über Einklemmung bzw. Strangulation der cauda equina. Deutsche med. Wochenschrift 35, 697-700 (1909)

[75] Portal A: In: Cours d'anatomie medicale on elements de l'anatomie de l'homme. Vol I. 299, Bondoin, Paris, 1803

[76] Porter RW: Vascular Compression Theory. In: Gunzburg R, Spalzki M: Lumbar spinal stenosis. 1159-1162, Lippincott William & Wilkins, Philadelphia, 2000

[77] Postacchini F: Definition and Classification. In: Postacchini F: Lumbar Spinal Stenosis. 2. Aufl., Springer Verlag, Wien, New York, 1989

[78] 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. 75(3), 386-392 (1993)

[79] Pratt RK, Fairbank JCT, Virr A: The reliability of the Shuttle Walking Test, the Swiss Spinal Stenosis Questionnaire, the Oxford Spinal Stenosis Score, and the Oswestry Disability Index in the assessment of patients with lumbar spinal stenosis. Spine 27, 84-91 (2002)

[80] Putti V: On new conceptions in the pathogenesis of sciatic pain. Lancet 210, 53-60 (1927)

[81] Putti V, Lagroscino D: Anatomia del lartrismo vertebrale apofisario. Chir. Organi di Mov. 23, 317 (1937-1938)

[82] Reeg SE: A review of comorbiditities and spinal surgery. Clin. Orthop. Relat. Res. 384, 101-109 (2001)

[83] Resnick DK, Choudhri TF, Dailey AT, Groff MW, Khoo L, Matz PG, Mummaneni P, Iii WCW, Wang J, Walters BC, Hadley MN: Guidelines for the performance of fusion procedures for degenerative disease of the lumbar spine. Part 10: fusion following decompression in patients with stenosis without spondylolisthesis. J. Neurosurg.: Spine 2, 686-691 (2005)

[84] Rompe JD, Eysel P, Zöllner J, Nafe B, Heine J: Degenerative lumbar spinal stenosis: long-term results after undercutting decompression compared with decompressive laminectomy alone or with instrumented fusion. Neurosurg. Rev. 22, 102-106 (1999)

[85] Sasai K, Umeda M, Maruyama T, Wakabayashi E, Iida H: Microsurgical bilateral decompression via a unilateral approach for lumbar spinal canal stenosis including degenerative spondylolisthesis. J. Neurosurg. Spine 9, 554-559 (2008)

[86] Schmorl G: Die gesunde und die kranke Wirbelsäule in Röntgenbild und Klinik., Thieme Verlag, Stuttgart, 1988

[87] Schulitz KP: Das Risiko der Instabilität nach Dekompressionsoperation der lumbalen Spinalstenose. Z. Orthop. 133, 236-241 (1995)

[88] Schulitz KP, Wehling P, Assheuer J: Die lumbale Wirbelkanalstenose. Dt. Ärztebl. 93(50), A-3340-3345 (1996)

[89] Schwerdtfeger K, Donauer E, Pitzen T, Gräber S, Steudel WI: AWMF Leitlinie 008/007 - Lumbale Spinalkanalstenose. 2005 (Tag des Zugriffs 6.4.2008) Internet: http://www.dgnc.de/htm/02/AWMF_Lumbale_SKS_010205.pdf

[90] See DH, Kraft GH: Electromyography in paraspinal muscles following surgery for root compression. Arch. Phys. Med. Rehabil. 56(2), 80–83 (1975)

[91] Sengupta DK,HHN: Lumbar spinal stenosis. Treatment strategies and indications for surgery. Orthop. Clin. North Am. 34(2), 281-295 (2003)

[92] Sheehan JM, Shaffrey CI, Jane JAS: Degenerative lumbar stenosis: the neurosurgical perspective. Clin. Orthop. Relat. Res. 384, 61-74 (2001)

[93] Silvers HR, Lewis PJ, Asch HL: Decompressive lumbar laminectomy for spinal stenosis. J. Neurosurg. 78, 695-701 (1993)

[94] Simotas AC: Nonoperative treatment for lumbar spinal stenosis. Clin. Orthop. 384, 153-161 (2001)

[95] Sobotta J, Becher H: Atlas der Anatomie des Menschen: Regionen, Knochen, Bänder, Gelenke und Muskeln. 17. Aufl. Vol 1. 19, Urban & Schwarzenberg, München, 1972

[96] Spratt KF, Keller TS, Szpalski M, Vandeputte K, Gunzburg R: A predictive model for outcome after conservative decompression surgery for lumbar spinal stenosis. Eur. Spine J. 13, 14-21 (2004)

[97] Szpalski M, Gunzburg R: Lumbra spinal stenosis in the elderly: An overview. Eur. Spine J. 12, 170-175 (2003)

[98] Taillard W: Klassifizierung der Spondylolisthese. Z.Orthop. 118, 429 (1980)

[99] Thomas NW, Rea GL, Pikul BK, Mervis LJ, Irsik R, McGregor JM: Quantitative outcome and radiographic comparisons between laminectomy and laminotomy in the treatment of acquired lumbar stenosis. Neurosurgery 41, 567-575 (1997)

[100] Thomé C: In: Börm W, Meyer F (Hrsg.): Spinale Neurochirurgie Operatives Management von Wirbelsäulenerkrankungen. 83-89, Schattauer Verlag, Stuttgart, New York, 2009

[101] Thomé C, Börm W, Meyer F: Degenerative Lumbar Spinal Stenosis – Current Strategies in Diagnosis and Treatment (Review article). Dtsch. Ärztebl. Int. 105(20), 373-379 (2008)

[102] Thomé C, Zevgaridis D, Leheta O, Bäzner H, Pöckler-Schöniger C, Wöhrle J, Schmiedek P: Outcome after less-invasive decompression of lumbar spinal stenosis: a randomized comparison of unilateral laminotomy, bilateral laminotomy, and laminectomy. J. Neurosurg. Spine 3(2), 129-141 (2005)

[103] Tile M, McNeil S, Zarins R, al e: Spinal stenosis. Results of treatment. Clin. Orthop. Relat. Res. 115, 104-108 (1976)

[104] Töndury G: Gestalt und Gliederung des Rückkenmarks. In: Rauber A, Kopsch F: Anatomie des Menschen. Vol III., Georg Thieme Verlag, 1987

[105] Tuite GF, Doran SE, Stern JD, Mc Gillicuddy JE, Papadopoulos SM, Lundquist CA, al e: Outcome after laminectomy for lumbar spinal stenosis. Part II: Radiographic changes and clinical correlations. J. Neurosurg. 81(5), 707–715 (1994)

[106] Turner JA, Ersek M, Herron L, Deyo R: Surgery for lumbar spinal stenosis. Attempted meta-analysis of the literature. Spine 17(1), 1–8 (1992)

[107] van Akkerveeken PF: Lumbar spinal stenosis. Classification and clinical presentation. Orthopäde 22(4), 202-210 (1993)

[108] van Schaik JP, Verbiest H, van Schaik FD: The orientation of laminae and facet joints in the lower lumbar spine. Spine 10(1), 59-63 (1985)

[109] Verbiest H: Sur certaines formes rares de compression de la queue de cheval. In: Hommage á Clovis Vincent. 161-174, Maloine, Paris, 1949

[110] Verbiest H: Fallacies of the present definition, nomenclature, and classification of the stenosis of the lumbar vertebral canal. Spine 1(4), 217-225 (1976)

[111] Verbiest H: Results of surgical treatment of idiopathic developmental stenosis of the lumbar vertebral canal. A review of twenty-seven years' experience. J. Bone Joint Surg. 59 B(2), 181-188 (1977)

[112] Verbiest H: Stenosis of the lumbar vertebral canal and sciatica. Neurosurg. Rev. 3(1), 75-89 (1980)

[113] Vitzthum HE: Stenosen des Spinalkanals. In: Moskopp D, Wassmann H (Hrsg.): Neurochirurgie. Handbuch für die Weiterbildung und interdisziplinäres Nachschlagewerk. 598-606, Schattauer, Stuttgart, New York, 2005

[114] Walker N, Schreiber A: Diagnose und Therapie des engen lumbalen Spinalkanals. Orthopäde 14, 122-132 (1985)

[115] Weiner BK, Walker M, Brower RS, McCulloch JA: Microdecompression for lumbar spinal canal stenosis. Spine 24(21), 2268–2272 (1999)

[116] Willburger R: Experimentelle und klinische Untersuchungen zur Freisetzung von Entzündungmediatoren beim Bandscheibenvorfall. Med. Habil. Schr. Bochum, 2000

[117] Wünschmann WB, Sigl T, Ewert T, Schwarzkop SR, Stucki G: Physikalisch-medizinisches Behandlungskonzept beim Syndrom des engen Spinalkanals. Orthopäde 32, 865-868 (2003)

[118] Yaşargil MG: Microsurgical operation of herniated lumbar disc. In: Wüllenweber R, Brock M, Hamer J (Hrsg.): Advances in Neurosurgery. 74-77, Springer-Verlag, Berlin, 1977

8 Anhang

8.1 Fragebögen

Der Anhang enthält die Fragebögen und Score-Tabellen zur Datensammlung präoperativ, postoperativ und bei der Folgeuntersuchung nach einem Jahr sowie statistische Auswertungen, Tabellen und Graphiken dieser Arbeit.

8.1.1 Stammdaten und Begleiterkrankungen

Tabelle 7: Fragebogen Stammdaten und Begleiterkrankungen

Name:		Untersuchungsdatum:	
Alter:			
Geschlecht:	Größe:	Gewicht:	
BMI:			
Anamnese:			
Begleiterkrankungen:			
Cardiovaskulär	Art. Hypertonie O	KHK O	
PAVK	Beine re. O	li. O	bds. O
Pulmonal:	COLD ja O	nein O	
Arthrose:	Hüfte re. O	li. O	
	Knie re. O	li. O	
	TEP Hüfte einseitig O	beidseitig O	
	TEP Knie einseitig O	beidseitig O	
Osteoporose	ja O	nein O	
Diabetes mellitus	ja O	nein O	
Nikotin	ja O	nein O	
Alkohol	ja O	nein O	
Malignome	ja O	nein O	
Rheumatische Erkrankungen:		ja O	nein O
Radiologische Untersuchungen:			
	Rö. LWS	ja O	nein O
	Rö. Funktionsaufnahmen	ja O	nein O
MRT: O			
CT: O			
Myelographie: O			
Myelo CT O			
Stenosen:			
LW1/2 O	LW2/3 O	LW3/4 O	LW4/5 O LW5/SW1 O

8.1.2 Schmerzen präOP und FU

Tabelle 8: Fragebogen Schmerzen NAS Score präOP und FU

Schmerzen in LWS / re.Bein / li.Bein						Punktzahl: ___ von maximal 100 Punkten					
Schmerzintensität NAS 0-10	0%	1 % bis 10%	11% bis 20%	21% bis 30%	31% bis 40%	41% bis 50%	51% bis 60%	61% bis 70%	71% bis 80%	81% bis 90%	91% bis 100%
Bewertungspunkte	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
im Liegen											
im Sitzen											
beim Bücken/Aufrichten/Bewegen											
im Stehen											
beim Gehen im Hause											
bei alltäglicher häuslicher Belastung											
beim Treppensteigen											
bei der Körperpflege											
beim Gehen außerhalb des Hauses											
bei körperlicher Belastung/Anstrengung (wie z.B. beim Einholen / beim Tragen von Einkaufstaschen, Sport etc.											

Tabelle 9: Einteilung der Schmerzintensitäten nach Punktzahlen

Schmerzintensität	keine Schmerzen (0)	leichte Schmerzen (1-30)	mäßige Schmerzen (31-50)	starke Schmerzen (51- 80)	sehr starke Schmerzen (81-100)
LWS					
Beine einseitig					
Beine beidseitig					

Tabelle 10: Fragebogen Schmerzen NAS Score postOP

Schmerzen	keine (0)	leichte Schmerzen (1-3)	mäßige Schmerzen (3-5)	starke Schmerzen (5-8)	sehr starke Schmerzen (8-10)
LWS in Ruhe					
LWS bei Belastung					
Beine einseitig in Ruhe					
Beine einseitig bei Belastung					
Beine beidseitig in Ruhe					
Beine beidseitig bei Belastung					

8.1.3 Manifeste Paresen

Tabelle 11: Erhebung Manifeste Paresen

Paresen	nein (0)	ja (1)	einseitig (2)	beidseitig (3)	radikulär (4)	diffus (5)
vorhanden						
L1						
L2						
L3						
L4						
L5						
S1						
S2-S5 Blasen- / Mastdarmstörung						

Paresen PostOP / FU

keine O gebessert O unverändert O verschlechtert O

8.1.4 Sensible Störungen

Tabelle 12: Erhebung Sensible Störungen

Sensible Störungen	nein (0)	ja (1)	einseitig (2)	beidseitig (3)	radikulär (4)	diffus (5)
vorhanden						
L1						
L2						
L3						
L4						
L5						
S1						
S2-S5 Blasen/Mastdarmstörung						

Sensible Störungen PostOP / FU

keine O gebessert O unverändert O verschlechtert O

8.1.5 Reflexstatus

Tabelle 13: Erhebung Reflexstatus

Reflexe	nein (0)	ja (1)	einseitig (2)	Beidseitig (3)
QR				
TSR				
LWS-Beweglichkeit eingeschränkt				
FBA = cm				
Laségue	negativ O		positiv O	

8.1.6 Alltagsbewältigung / Mobilitätseinschränkung

Tabelle 14: Fragebogen Alltagsbewältigung

Einschränkungen bei Tätigkeiten	keine Einschränkung (0)	leichte Einschränkung (1)	mäßige Einschränkung (2)	starke Einschränkung (3)	nur mit Hilfe (4)
Schwierigkeiten bei der persönlichen Pflege					
beim Gehen im Hause					
Treppenaufsteigen					
Treppenabsteigen					
im Haushalt					
Gegenstände Heben / Tragen bis 5kg					
Gegenstände Heben / Tragen über 5kg					
bei der Gartenarbeit					
Einkaufen					
Spazierengehen					
Sportliche Tätigkeiten					
Schmerzen in Ruhe	keine (0)	leichte (1)	starke (2)	sehr starke (3)	nicht möglich (4)
Liegen					
Sitzen					
Stehen					
Gehhilfen	nicht erforderlich (0)	zum Abstützen (1)	gelegentlich (2)	häufig (3)	ständig (4)
Benutzung von Gehwagen					
Benutzung von Gehstock					
Arztbesuche	keine (0)	selten (1)	häufiger (2)	regelmäßig (3)	ständig (4)
Arztbesuche wegen Rücken-und Beinbeschwerden					
Arztbesuche aus anderen Gründen					

Konservative Therapien präOP / postOP / bei FU

	nein (0)	gelegentlich (1)	regelmäßig (2)
Physiotherapie			
Facettenblockaden/PRT			
Arztbesuche			

8.1.7 Gehfähigkeit

Einstufung der Gehfähigkeit

nicht eingeschränkt (0)	leicht eingeschränkt (1)	mäßig eingeschränkt (2)	stark eingeschränkt (3)	nur mit Gehhilfe möglich (4)	nicht möglich (5)

Änderung der Gehfähigkeit

Änderung der Gehfähigkeit Post OP / FU nach einem Jahr

nicht eingeschränkt (0)	gut gebessert (1)	leicht gebessert (2)	unverändert (3)	verschlechtert (4)

NAS Einteilung der Gehstrecke

Gehstrecke	nicht geh-fähig	0-10 m	10-30 m	30-50 m	50-100 m	100-200 m	200-400 m	400-600 m	600-800 m	800-1000 m	keine Einschrän-kung
NAS	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Einschränkung der Gehfähigkeit	Gehen nicht möglich	einige Schritte			stark eingeschränkt			mäßig eingeschränkt		leicht einge-schränkt	nicht einge-schränkt

8.1.8 Operationsdaten

Op-Segment: Operationsdauer (Min):
Operationsart: Laminotomie O Laminektomie O
Schnittlänge (cm):
Drainage ja O nein O

Komplikationen:

Dura-läsion	Wurzel-läsion	Nach-blutung	Operation wegen Komplikation	Wundheilungs-störung / Wundinfektion	Sonstige Komplikatio-nen

Zufriedenheit

sehr zufrieden (3) zufrieden (2) weniger zufrieden (1) unzufrieden (0)

Bereitschaft, sich wieder operieren zu lassen

ja (1) nein (-1) ich weiß nicht (0)

Bereitschaft, die durchgeführte Operation weiterzuempfehlen

ja (1) nein (-1) ich weiß nicht (0)

8.1.9 Oswestry low back pain disability questionaire

1. Wie stark sind Ihre Schmerzen?

O Ich kann meinen Schmerz ertragen, ohne Schmerzmittel zu nehmen.
O Der Schmerz ist heftig, aber ich komme ohne Schmerzmittel zurecht.
O Schmerzmittel machen mich völlig schmerzfrei.
O Schmerzmittel führen zu einer mäßigen Besserung des Schmerzes.
O Schmerzmittel führen zu einer geringen Besserung des Schmerzes.
O Schmerzmittel haben keinen Einfluss auf meinen Schmerz und ich nehme deshalb keine ein.

2. Wie weit können Sie Ihre persönliche Pflege (waschen, anziehen...) allein bewerkstelligen?

O Ich kann mich normal um mich selbst kümmern, ohne dass dadurch zusätzliche Schmerzen ausgelöst werden.
O Ich kann mich normal um mich selbst kümmern, aber es bereitet mir zusätzliche Schmerzen.
O Es bereitet mir Schmerzen und ich bin langsam und vorsichtig.
O Ich benötige ein wenig Hilfe, aber das meiste schaffe ich schon.
O Ich brauche jeden Tag Hilfe in allen Belangen der Körperpflege.
O Ich kann mich nicht anziehen, nur mühsam waschen und bleibe im Bett.

3. Wie weit sind Sie in der Lage, Gegenstände zu heben bzw. zu tragen?

O Ich kann schwere Sachen ohne zusätzliche Schmerzen heben.
O Ich kann schwere Sachen haben, aber es verursacht zusätzliche Schmerzen.
O Schmerzen hindern mich daran, schwere Sachen vom Boden aufzuheben, aber ich schaffe es, wenn sie günstig liegen, z.B. auf dem Tisch.
O Schmerzen hindern mich, schwere Sachen zu heben, aber ich schaffe es, leichte bis mittelschwere zu heben, wenn sie günstig liegen.
O Ich kann nur sehr leichte Sachen heben.
O Ich kann nichts heben oder tragen.

4. Wie weit können Sie laufen?

O Schmerzen hindern mich nicht, ich kann unbegrenzt gehen.
O Schmerzen hindern mich daran, weiter als 1000 m zu gehen.
O Schmerzen hindern mich daran, weiter als 800 m zu gehen.
O Schmerzen hindern mich daran, weiter als 400 m zu gehen.
O Ich kann nur mit einem Gehstock oder einer Krücke laufen.
O Ich liege die meiste Zeit wegen der Schmerzen im Bett und kann nur unter Schmerzen zur Toilette gehen.

5. Wie lange können Sie sitzen?

O Ich kann in jedem Stuhl sitzen, solange ich möchte.
O Ich kann nur in meinem Lieblingsstuhl sitzen, solange ich möchte.
O Schmerzen hindern mich daran, länger als eine Stunde zu sitzen.
O Schmerzen hindern mich daran, länger als eine halbe Stunde zu sitzen.
O Schmerzen hindern mich daran, länger als zehn Minuten zu sitzen.
O Schmerzen hindern mich daran, überhaupt zu sitzen.

6. Wie lange können Sie stehen?

O Ich kann ohne zusätzliche Schmerzen solange stehen wie ich möchte.
O Ich kann solange stehen wie ich möchte, aber ich habe zusätzliche Schmerzen.
O Schmerzen hindern mich daran, länger als eine Stunde zu stehen.
O Schmerzen hindern mich daran, länger als eine halbe Stunde zu stehen.
O Schmerzen hindern mich daran, länger als zehn Minuten zu stehen.
O Schmerzen hindern mich daran, überhaupt zu stehen.

7. Wie gut können Sie trotz Ihrer Rückenerkrankung nachts schlafen?

O Schmerzen hindern mich nicht, gut zu schlafen.
O Ich schlafe nur gut, wenn ich Tabletten nehme.
O Auch wenn ich Schmerztabletten einnehme, schlafe ich weniger als sechs Stunden.
O Auch wenn ich Schmertabletten einnehme, schlafen ich weniger als vier Stunden.
O Auch wenn ich Schmerztabletten einnehme, schlafe ich weniger als zwei Stunden.
O Ich kann aufgrund der Schmerzen überhaupt nicht schlafen.

8. Wie weit wird Ihr Sexualleben durch Ihre Rückenerkrankung beeinträchtigt?

O Mein Sexualleben ist normal, es verursacht keine zusätzlichen Schmerzen.
O Mein Sexualleben ist normal, aber es verursacht zusätzliche Schmerzen.
O Mein Sexualleben ist annähernd normal, aber es ist sehr schmerzhaft.
O Mein Sexualleben ist durch den Schmerz stark eingeschränkt.
O Ich habe nahezu kein Sexualleben durch die Schmerzen.

9. Wird Ihr soziales Leben (gesellschaftliche Aktivitäten) durch Schmerzen beeinträchtigt?

O Mein soziales Leben ist normal und verursacht keine zusätzlichen Schmerzen.
O Mein soziales Leben ist normal, verstärkt aber die Schmerzen.
O Schmerz hat keine wesentlichen Auswirkungen auf mein soziales Leben, abgesehen davon, dass er die anstrengenden Interessen, wie z.B. Tanzen, einschränkt.
O Die Schmerzen haben mein soziales Leben eingeschränkt, ich gehe seltener aus.
O Schmerzen haben mein soziales Leben auf mein Zuhause reduziert.
O Aufgrund der Schmerzen habe ich kein soziales Leben mehr.

10. Wie weit werden Sie durch Schmerzen daran gehindert, Reisen zu unternehmen?

O Ich kann überall hin reisen, ohne zusätzlich Schmerzen zu haben.
O Ich kann überall hin reisen, aber es bereitet mir zusätzliche Schmerzen.
O Die Schmerzen sind schlimm, aber ich schaffe einen Ausflug von mehr als zwei Stunden.
O Schmerzen hindern mich an Strecken von mehr als einer Stunde.
O Schmerzen hindern mich an Strecken von mehr als einer halben Stunde.
O Schmerzen hindern mich an jeglichen Fahrten, außer zum Arzt oder zum Krankenhaus.

8.2 Ausführliche Tabellen und Graphiken

Tabelle 15: Operierte Stenosen

Operationssegmente p=0,327	Gruppe **MUL** (n=48)	Gruppe **LEK** (n=48)	Gesamt (n=96)
LW1/2	1 (2,1%)	0 (0%)	1 (1,0%)
LW2/3	2 (4,2%)	1 (2,1%)	3 (3,1%)
LW3/4	11 (22,9%)	20 (41,7%)	31 (32,2%)
LW4/5	33 (68,8%)	25 (52,1%)	58 (60,4%)
LW5/S1	1 (2,1%)	2 (4,2%)	3 (3,1%)

Siehe Text Seite 36, Kapitel 4.3.1

Tabelle 16: Stenosierte Segmente mit Pseudospondylolisthesen präOP

Pseudospondylolisthesen p=0,480	Gruppe **MUL** n =048	Gruppe **LEK** n=48	Gesamt n=96
keine	34 (70,8%)	38 (79,1%)	72 (75,0%)
LW2/3	0 (0%)	1 (2,1%)	1 (1,0%)
LW3/4	3 (6,3%)	3 (6,3%)	6 (6,3%)
LW4/5	11 (22,9%)	5 (10,4%)	16 (16,7%)
LW5/SW1	0 (0%)	1 (2,1%)	1 (1%)

Tabelle 17: Analgetikabedarf präOP, postOP und FU

Analgetikapotenz	präOP p=0,247		postOP p=0,167		FU p=0,773	
	MUL	**LEK**	**MUL**	**LEK**	**MUL**	**LEK**
keine	4	8	5	1	31	31
leichte	3	1	4	2	7	5
mittlere	26	19	26	30	8	9
starke / Kombi	15	20	13	15	2	3

Siehe Text Seite 39, Kapitel 4.4.1

Tabelle 18: Präoperative Schmerzlokalisation und Schmerzart

Präoperative Schmerzen	Gruppe **MUL** (n=48)	Gruppe **LEK** (n=48)	Gesamt (n=96)
weder LWS noch Beinschmerzen	0 (0%)	1 (2,1%)	1 (1%)
LWS + Beinschmerzen	48 (100%)	47 (97,9%)	95 (99%)
Beine einseitig	9 (18,8%)	7 (14,9%)	16 (16,7%)
Beine beidseitig	39 (81,2%)	40 (85,1%)	77 (80,2%)
Art der Beinschmerzen			
keine	0 (0%)	1 (2,1%)	1 (1,0%)
Pseudoradikulär	28 (58,3%)	22 (46,8%)	50 (52,6%)
radikulär	20 (41,7%)	25 (53,2%)	45 (47,4%)
L1	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
L2	1 (2,1)	0 (0%)	1 (1,1%)
L3	0 (0%)	1 (2,1%)	1 (1,1%)
L4	5 (10,4%)	10 (21,3%)	15 (15,8%)
L5	12 (25%)	12 (25,5%)	24 (25,3%)
S1	2 (4,2%)	2 (4,3%)	4 (4,1%)

Siehe Text Seite 41, Kapitel 4.4.2

Tabelle 19: Vergleich der Schmerzintensität nach NAS präOP, postOP und bei FU

NAS-Schmerz präoperativ	(t-Test)	Gruppen	N	Mittelwert	Standard-abweichung	Standardfehler des Mittelwertes
LWS	p=0,308	MUL	48	5,4	2,2	0,3
		LEK	48	5,8	1,9	0,3
Bein re	p=0,308	MUL	48	5,0	2,2	0,3
		LEK	48	4,5	1,9	0,3
Bein li	p=0,072	MUL	48	4,3	2,5	0,4
		LEK	48	5,2	2,5	0,4
in Ruhe	p=0,295	MUL	48	2,8	2,3	0,3
		LEK	48	3,3	2,4	0,4
bei Belastung	p=0,488	MUL	48	5,4	1,6	0,2
		LEK	48	5,6	1,8	0,3
NAS-Schmerz postoperativ		**Gruppen**	**N**	**Mittelwert**	**Standard-abweichung**	**Standardfehler des Mittelwertes**
LWS	p=0,012	MUL	48	1,0	1,5	0,2
		LEK	48	2,2	2,5	0,4
Bein re	p=0,173	MUL	48	0,7	1,6	0,2
		LEK	48	1,0	1,9	0,3
Bein li	p=0,056	MUL	48	0,5	1,2	0,2
		LEK	48	1,2	2,1	0,3
in Ruhe	p=0,040	MUL	48	0,3	1,1	0,2
		LEK	48	1,0	2,1	0,3
bei Belastung	p=0,591	MUL	48	1,8	2,3	0,3
		LEK	48	2,0	2,5	0,4
NAS-Schmerz FU		**Gruppen**	**N**	**Mittelwert**	**Standard-abweichung**	**Standardfehler des Mittelwertes**
LWS	p=0,499	MUL	48	2,1	2,4	0,4
		LEK	48	1,8	2,6	0,4
Bein re	p=0,326	MUL	48	1,1	2,3	0,3
		LEK	48	0,8	2,0	0,3
Bein li	p=0,734	MUL	48	1,0	2,3	0,3
		LEK	48	0,8	2,1	0,3
in Ruhe	p=0,922	MUL	48	1,0	2,1	0,3
		LEK	48	1,0	2,5	0,4
bei Belastung	p=0,352	MUL	48	1,6	2,3	0,3
		LEK	48	1,2	2,0	0,3

Siehe Text Seite 41, Kapitel 4.4.3

Mann-Whitney-U-Test für NAS-Schmerz postOP und FU

NAS-Schmerz postOP				Gesamtschmerz	
	LWS	Bein re	Bein li	in Ruhe	bei Belastung
Z	-2,508	-1,364	-1,910	-2,052	-0,538
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	0,012	0,173	0,056	0,040	0,591
NAS Schmerz FU	**LWS**	**Bein re**	**Bein li**		
Z	-0,675	-0,983	-0,339		
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	0,499	0,326	0,734		

Wilcoxon-Test für NAS-Schmerz-Vergleich

	Laminotomie präOP + FU				Laminektomie präOP + FU		
Wilcoxon-Test	**LWS**	**Bein re**	**Bein li**		**LWS**	**Bein re**	**Bein li**
Z	-5,468	-5,491	-5,126		-5,768	-5,895	-5,652
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	,000	,000	,000		,000	,000	,000

Tabelle 20: Schmerzempfindung postoperativ bei Krankenhausentlassung

	Gruppe **MUL** (n=48)	Gruppe **LEK** (n=48)	Gesamt (n=96)
Schmerzen LWS p=0,190	n(%)	n(%)	n(%)
keine Schmerzen	25 (52,1%)	15 (31,3%)	40 (41,7%)
leichte Schmerzen	20 (41,7%)	25 (52,1%)	45 (47,4%)
geringe Besserung	3 (6,3%)	5 (10,4%)	8 (8,3%)
keine Veränderung	0 (0%)	2 (4,2%)	2 (2,1%)
Verschlechterung	0 (0%)	1 (2,1%)	1 (1%)
Beinschmerzen p= 0,072			
keine Schmerzen	33 (68,7%)	28 (58,3%)	61 (63,5%)
leichte Schmerzen	15 (31,3%)	12 (25%)	27 (28,1%)
geringe Besserung	0 (0%)	3 (6,3%)	3 (3,1%)
keine Veränderung	0 (0%)	4 (8,3%)	4 (4,2%)
Verschlechterung	0 (0%)	1 (2,1%)	1 (1,0%)

Tabelle 21:Schmerzempfindung bei FU

	Gruppe **MUL** (n=48)	Gruppe **LEK** (n=48)	Gesamt (n=96)
Schmerzen LWS p=0,243	n(%)	n(%)	n(%)
keine Schmerzen	30 (62,5%)	24 (50,0%)	54 (56,3%)
leichte Schmerzen	15 (31,3%)	17 (35,5%)	32 (33,3%)
geringe Besserung	1 (2,1%)	2 (4,2%)	3 (3,1%)
keine Veränderung	0 (0%)	4 (8,3%)	4 (4,2%)
Verschlechterung	2 (4,2%)	1 (2,1%)	3 (3,1%)
Beinschmerzen p=0,060			
keine Schmerzen	39 (81,2%)	36 (75,0%)	75 (78,1%)
leichte Schmerzen	8 (16,6%)	6 (12,5%)	14 (14,6%)
geringe Besserung	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
keine Veränderung	0 (0%)	6 (12,5%)	6 (6,3%)
Verschlechterung	1 (2,1%)	0 (0%)	1 (1%)

Tabelle 22: Verteilung der präoperativen manifesten Paresen

Präoperative Paresen	Gruppe **MUL** (n=48)	Gruppe **LEK** (n=48)	Gesamt (n=96)
keine	35 (72,9%)	25 (52,1%)	60 (62,5%)
vorhanden	13 (27,1%)	23 (47,9)	36 (37,5%)
davon: einseitig	6 (12,5%)	7 (14,6%)	13 (13,5%)
beidseitig	6 (12,5%)	12 (25,0%)	18 (18,8%)
diffus	0 (0%)	1 (2,1%)	1 (1%)
Cauda	1 (2,1%)	3 (6,3%)	4 (4,2%)
L1	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
L2	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
L3	2 (4,2%)	2 (4,2%)	4 (4,2%)
L4	5 (10,4%)	9 (18,8)	14 (14,6%)
L5	7 (14,6%)	18 (37,5%)	25 (26,0%)
S1	2 (4,2%)	3 (6,3%)	5 (5,2%)
polyradikulär	3 (6,3%)	5 (10,4%)	8 (8,3%)

Tabelle 23: Paresen postOP bei Entlassung u. FU

Paresen postOP p=0,316	Gruppe **MUL** (n=48)	Gruppe **LEK** (n=48)	Gesamt (n=96)
keine	34 (70,8%)	27 (56,3%)	61 (63,5%)
diffus	0 (0%)	2 (4,2%)	2 (2,1%)
einseitig	7 (14,5%)	9 (18,7%)	16 (16,6%)
beidseits	7 (14,5%)	10 (20,8%)	17 (17,7%)
Paresen FU	Gruppe MUL	Gruppe LEK	Gesamtkollektiv
keine	42 (87,5%)	31 (64,6%)	73 (76%)
diffus	1 (2,1%)	1 (2,1%)	2 (2.1%)
einseitig	3 (6,3%)	5 (10,4%)	8 (8,3%)
beidseitig	2 (4,2%)	11 (22,9%)	13 (13,5%)

Tabelle 24: Sensible Störungen postoperativ bei Entlassung und FU

p=0,316 postOP	Gruppe **MUL** (n=48)	Gruppe **LEK** (n=48)	Gesamt (n=96)
keine	30 (62,5%)	29 (60,4%)	59 (61,5%)
diffus	0 (0%)	1 (2,1%)	1 (1%)
rechts	5 (10,4%)	3 (6,3%)	8 (8,3%)
links	4 (8,3%)	7 (14,6%)	11 (11,5%)
beidseits	9 (18,8%)	8 (16,7%)	17 (17,7%)
p=0,993 FU	Gruppe **MUL**	Gruppe **LEK**	Gesamt
keine	32 (66,7%)	32 (66,7%)	64 (66,7%)
diffus	1 (2,1%)	1 (2,1%)	2 (2,1%)
rechts	2 (4,2%)	3 (6,3%)	5 (5,2%)
links	3 (6,3%)	3 (6,3%)	6 (6,3%)
beidseits	10 (20,8%)	9 (18,8%)	19 (19,8%)

Tabelle 25: Gehstrecke: Einteilung in Metern und nach NAS präOP, postOP und bei FU

Chi-Quadrat nach Pearson **p= 0,557**	**NAS**	**Gehstrecke**	Gruppe **MUL** (n=48)	Gruppe **LEK** (n=48)	Gesamt (n=96)
keine Einschränkung	0	> 1000m	1 (2,1%)	2 (4,2%)	3 (3,2%)
	1	801-1000m	2 (4,2%)	1 (2,1%)	3 (3,2%)
	2	601-800m	1 (2,1%)	0 (0%)	1 (1,1%)
	3	401-600m	7 (14,6%)	4 (8,3%)	11 (11,6%)
	4	201-400m	3 (6,3%)	2 (4,2%)	5 (5,3%)
präOP	5	101-200m	6 (12,5%)	7 (14,6%)	13 (13,7%)
	6	51-100m	7 (14,6%)	12 (25,0%)	19 (20,0%)
	7	31-50m	3 (6,3%)	8 (16,7%)	11 (11,6%)
	8	10-30m	7 (14,6%)	3 (6,3%)	10 (10,4%)
	9	< 10m	8 (16,7%)	5 (10,4%)	13 (13,7%)
gehunfähig	10	0 m	3 (6,3%)	4 (8,3%)	7 (7,4%)
p= 0,001			Gruppe **MUL**	Gruppe **LEK**	Gesamt
keine Einschränkung	0	> 1000m	43 (89,6%)	23 (47,9%)	66 (68,8%)
	1	801-1000m	2 (4,2%)	0 (0%)	2 (2,1%)
	2	601-800 m	1 (2,1%)	3 (6,3%)	4 (4,2%)
	3	401-600m	0 (0%)	4 (8,3%)	4 (4,2%)
	4	201-400m	0 (0%)	3 (6,3%)	3 (3,1%)
postOP	5	101-200m	1 (2,1%)	6 (12,5%)	7 (7,3%)
	6	51-100m	1 (2,1%	5 (10,4%)	6 (6,3%)
	7	31-50m	0 (0%)	2 (4,2%)	2 (2,1%)
	8	10-30m	0 (0%)	2 (4,2%)	2 (2,1%)
	9	< 10m	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
gehunfähig	10	0 m	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
p= 0,790			Gruppe **MUL**	Gruppe **LEK**	Gesamt
keine Einschränkung	0	> 1000m	28 (58,3%)	30 (62,5%)	58 (60,4%)
	1	801-1000m	3 (6,3%)	1 (2,1%)	4 (4,2%)
	2	601-800 m	2 (4,2%)	2 (4,2%)	4 (4,2%)
	3	401-600m	2 (4,2%)	5 (10,4%)	7 (7,3%)
	4	201-400m	4 (8,3%)	1 (2,1%)	5 (5,2%)
FU	5	101-200m	5 (10,4%)	5 (10,4%	10 (10,4%)
	6	51-100m	2 (4,2%)	1 (2,1%)	3 (3,1%)
	7	31-50m	1 (2,1%)	1 (2,1%)	2 (2,1%)
	8	10-30m	1 (2,1%)	1 (2,1%)	2 (2,1%)
	9	< 10m	0 (0%)	1 (2,1%)	1 (1,0%)
gehunfähig	10	0 m	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)

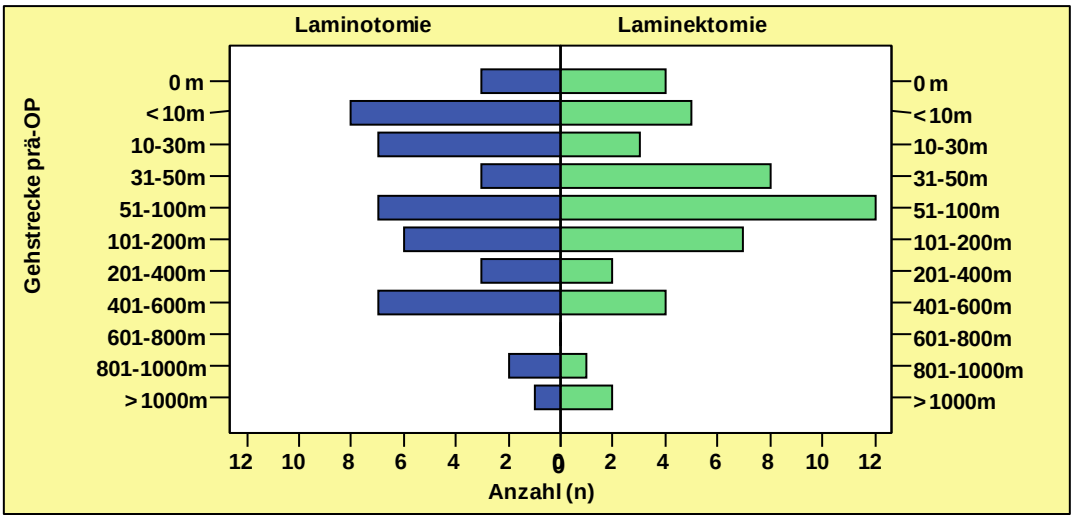
Siehe Text Seite 46, Kapitel 4.6

Friedmann-Test für Gehstrecke

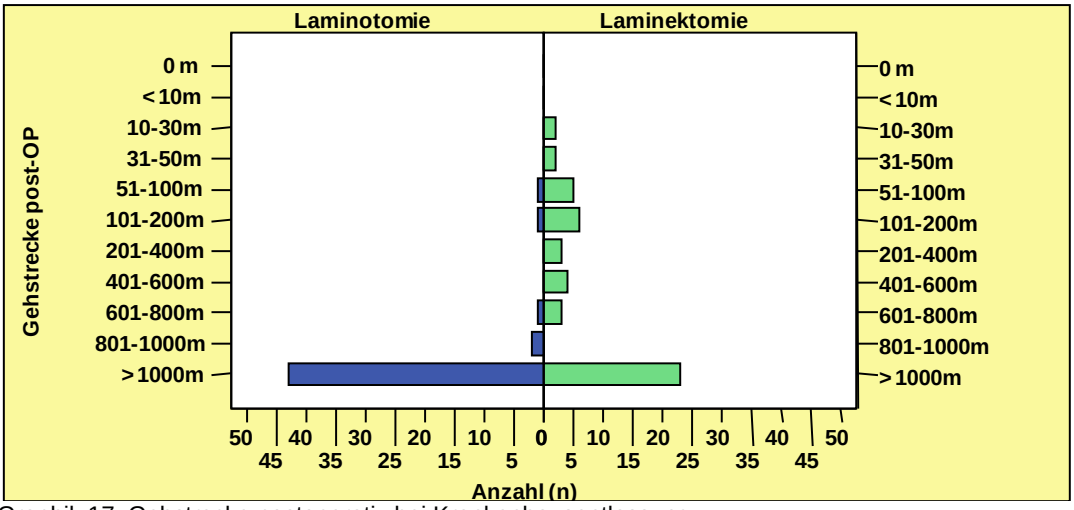
Friedman-Test	Gruppe **MUL**
N	48
Chi-Quadrat	77,665
df	2
Asymptotische Signifikanz	,000
Friedman-Test	Gruppe **LEK**
N	48
Chi-Quadrat	64,234
df	2
Asymptotische Signifikanz	,000

Mann-Whitney-U-Test für NAS-Gehstrecke im Verlauf

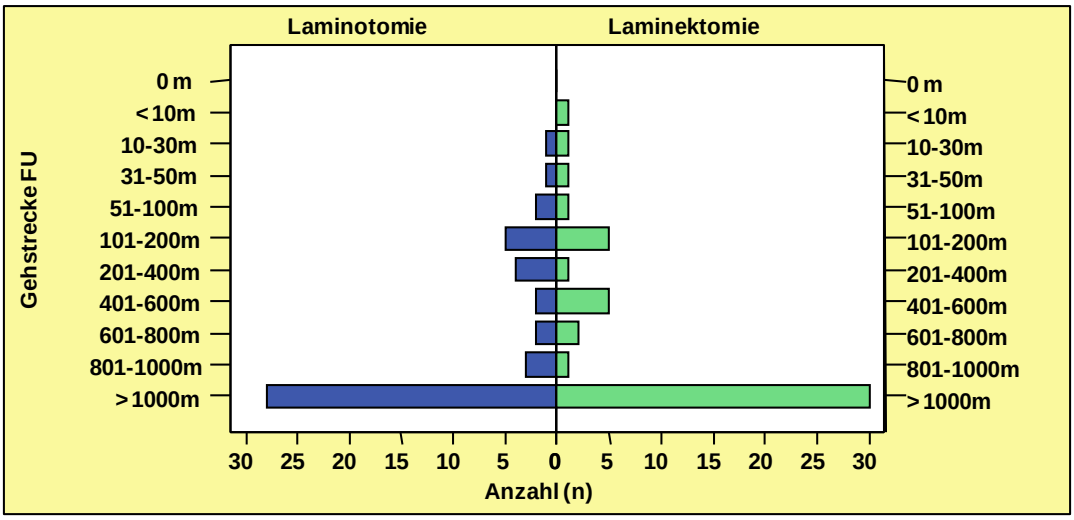
Mann-Whitney-U-Test	**präOP**	**postOP**	**FU**
Z	-,041	-4,547	-,307
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	,967	,000	,759



Graphik 16: Gehstrecke präOP



Graphik 17: Gehstrecke postoperativ bei Krankenhausentlassung



Graphik 18: Gehstrecke bei FU nach einem Jahr

Tabelle 26: Gehfähigkeit post-OP und FU

Gehfähigkeit postOP p=0,019	Gruppe **MUL** (n=48)	Gruppe **LEK** (n=48)	Gesamt (n=96)
sehr gut	14 (29,2%)	6 (12,5%)	20 (20,8%)
gut	32 (66,7%)	29 (60,4%)	61 (63,5%)
gering gebessert	2 (4,2%)	9 (18,8%)	11 (11,5%)
unverändert	0 (0%)	3 (6,3%)	3 (3,1%)
verschlechtert	0 (0%)	1 (2,1%)	1 (1,0%)
Gehfähigkeit bei FU p=0,304	Gruppe **MUL** (n=48)	Gruppe **LEK** (n=48)	Gesamt (n=96)
sehr gut	18 (37,5%)	15 (31,3%)	33 (34,4%)
gut	17 (35,4%)	21 (43,8%)	38 (39,6%)
gering gebessert	9 (18,8%)	5 (10,4%)	14 (14,6%)
unverändert	4 (8,3%)	4 (8,3%)	4 (8,3%)
verschlechtert	0 (0%)	3 (6,3%)	3 (3,1%)

Tabelle 27: Änderung der Gehstrecke nach NAS präOP, postOP und FU

NAS Gehstrecke p<0,001	**Gruppe**	**N**	**Mittelwert**	**Standard-abweichung**	**Standardfehler des Mittelwertes**
präOP	MUL	48	6,09	2,628	0,383
p=0,967	LEK	48	6,10	2,425	0,350
postOP	MUL	48	0,31	1,151	0,166
p<0,001	LEK	48	2,50	2,737	0,395
FU	MUL	48	1,69	2,380	0,344
p=0.759	LEK	48	1,65	2,505	0,362

Tabelle 28: allgemeine Belastbarkeit bei Krankenhausentlassung

Allgemeine Belastbarkeit postOP p=0,106	Gruppe **MUL** (n=48)	Gruppe **LEK** (n=48)	Gesamt (n=96)
sehr gut	12 (25,0%)	6 (12,5%)	18 (18,8%)
gut	30 (62,5%)	27 (56,3%)	57 (59,4%)
gering gebessert	6 (12,5%)	11 (22,9%)	17 (17,7%)
unverändert	0 (0%)	3 (6,3%)	3 (3,1%)
verschlechtert	0 (0%)	1 (2,1%)	1 (1%)
Allgemeine Belastbarkeit bei FU p=0,534	Gruppe **MUL** (n=48)	Gruppe **LEK** (n=48)	Gesamt (n=96)
sehr gut	17 (35,4%)	16 (33,3%)	33 (34,4%)
gut	19 (39,6%)	17 (35,4%)	36 (37,5%)
gering gebessert	7 (14,6%)	7 (14,6%)	14 (14,6%)
unverändert	5 (10,4%)	5 (10,4%)	10 (10,4%)
verschlechtert	0 (0%)	3 (6,3)	3 (3,1%)

Tabelle 29: Beschwerden post-OP und FU

Besserung postOP p=0,381	Gruppe **MUL** (n=48)	Gruppe **LEK** (n=48)	Gesamt (n=96)
beschwerdefrei	13 (27,1%)	10 (20,8%)	23 (24,0%)
gute Besserung	31 (64,6%)	30 (62,5%)	61 (63,5%)
geringe Besserung	4 (8,3%)	4 (8,3%)	8 (8,3%)
keine Änderung	0 (0%)	3 (6,3%)	3 (3,2%)
Verschlechterung	0 (0%)	1 (2,1%)	1 (1%)
Besserung bei FU p=0,865	Gruppe **MUL** (n=48)	Gruppe **LEK** (n=48)	Gesamt (n=96)
beschwerdefrei	18 (37,5%)	16 (33,3%)	34 (35,4%)
gute Besserung	20 (41,7%)	22 (45,8%)	42 (43,8%)
geringe Besserung	6 (12,5%)	4 (8,3%)	10 (10,4%)
keine Änderung	2 (4,2%)	4 (8,3%)	6 (6,3%)
Verschlechterung	2 (4,2%)	2 (4,2%)	4 (4,2%)

Tabelle 30: LWS-Beweglichkeit präOP und bei FU

	LWS- Beweglichkeit präOP		
P= 0,170	Gruppe **MUL** (n=48)	Gruppe **LEK** (n=48)	Gesamt (n=96)
eingeschränkt	11 (22,9%)	5 (10,4%)	16 (16,7%)
nicht eingeschränkt	37 (77,1%)	43 (89,6%)	80 (83,3%)
	LWS-Beweglichkeit bei FU		
p= 0,501	**MUL**	**LEK**	Gesamt
eingeschränkt	12 (25,0%)	16 (33,3%)	28 (29,2%)
nicht eingeschränkt	36 (75,0%)	32 (66,7%)	68 (70,8%)

Tabelle 31: Gehhilfen postoperativ während des Krankenhaus-Aufenthaltes

Gehhilfen postOP p=049	Gruppe **MUL** (n=48)	Gruppe **LEK** (n=48)	Gesamt (n=96)
keine	36 (75,0%)	23 (47,9%)	59 (61,5%)
Gehwagen	11 (22,9%)	22 (45,8%)	33 (34,4%)
Rollstuhl	0 (0%)	1 (2,1%)	1 (1,0%)
Gehstock	1 (2,1%)	2 (4,2%)	3 (3,1%)

Tabelle 32: Alltagseinschränkung präOP und FU

Alltags-einschränkung	**Gruppe**	**N**	**Mittelwert**	**Standard-abweichung**	**Standardfehler des Mittelwertes**
(∑ Punkte) **präOP**					
	MUL	48	30,81	12,862	1,856
	LEK	48	32,10	13,659	1,971
(∑ Punkte) **FU**					
p = 0,333	MUL	48	14,94	10,024	1,447
	LEK	48	16,92	10,962	1,582

Tabelle 33: Gruppenvergleich Score der Mobilitätseinschränkung

Wilcoxon-Test Gruppe **MUL**	**Alltagseinschränkung FU / Alltagseinschränkung präOP**		**Wilcoxon-Test** Gruppe **LEK**	**Alltagseinschränkung FU / Alltagseinschränkung präOP**
Z	-5,791		**Z**	-5,068
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	0,000		**Asymptotische Signifikanz (2-seitig)**	0,000

Tabelle 34: Oswestry-Score präOP und FU

präoperativ / FU p=0,000	**Gruppe**	**N**	**Mittelwert %**	**Standard-abweichung**	**Standardfehler des Mittelwertes**
Oswestry-Score präOP	MUL	48	50,70	18,850	2,721
p=0,505	LEK	48	53,56	22,720	3,279
Oswestry-Score FU	MUL	48	14,28	17,906	2,612
p=0 ,842	LEK	48	14,08	18,307	2,642

Wilcoxon-Test Oswestry-Score präOP und FU

Wilcoxon-Test präOP / FU	Gruppe **MUL**	Gruppe **LEK**
Z	-5,863	-5,862
asymptotische Signifikanz (2-seitig)	0,000	0,000

Tabelle 35: Zufriedenheit mit der durchgeführten Operation bei Entlassung und FU

Zufriedenheit bei Entlassung mit der Operation p=0,272	Gruppe **MUL** (n=48)	Gruppe **LEK** (n=48)	Gesamt (n=96)
sehr zufrieden	31 (64,6%)	25 (52,1%)	56 (58,3%)
zufrieden	16 (33,3%)	19 (39,6%)	35 (36,5%)
wenig zufrieden	0 (0%)	3 (6,3%)	3 (3,1%)
unzufrieden	1 (2,1%)	1 (2,1%)	2 (2,1%)
Zufriedenheit bei FU mit der Operation p=0,925	Gruppe **MUL** (n=48)	Gruppe **LEK** (n=48)	Gesamt (n=96)
sehr zufrieden	27 (56,3%)	25 (52,1%)	52 (54,2%)
zufrieden	13 (27,1%)	15 (31,3%)	28 (29,2%)
wenig zufrieden	5 (10,4%)	4 (8,3%)	9 (9,4%)
unzufrieden	3 (6,3%)	4 (8,3%)	7 (7,3%)

Vorzeichentest: Zufriedenheit mit der Operation bei Entlassung und FU

Vorzeichentest	Gruppe **MUL**: **postOP und FU**
exakte Signifikanz (2-seitig)	0,481
	Gruppe **LEK**: **postOP und FU**
exakte Signifikanz (2-seitig)	0,581

Tabelle 36: Bereitschaft zu erneuter Operation bei gleichen Beschwerden

Bereitschaft bei Entlassung zu erneuter Operation p=0,213	Gruppe **MUL** (n=48)	Gruppe **LEK** (n=48)	Gesamt (n=96)
ja	48 (100%)	45 (93,8%)	93 (96,9%)
wahrscheinlich	0 (0%)	2 (4,2%)	2 (2,1%)
nein	0 (0%)	1 (2,1%)	1 (1,0%)
Bereitschaft bei FU zu erneuter 0peration p=0,213	Gruppe **MUL** (n=48)	Gruppe **LEK** (n=48)	Gesamt (n=96)
ja	44 (91,7%)	43 (89,6%)	87 (90,6%)
wahrscheinlich	4 (8,3%)	3 (6,3%)	7 (7,3%)
nein	0 (0%)	2 (4,2%)	2 (2,1%)

Tabelle 37: Bereitschaft die Operation weiterzuempfehlen

Bereitschaft zur Weiterempfehlung der Operation p=0,376	Gruppe **MUL** (n=48)	Gruppe **LEK** (n=48)	Gesamt (n=96)
bei Krankenhausentlassung			
ja	45 (93,8%)	45 (93,8%)	90 (93,8%)
wahrscheinlich	3 (6,3%)	2 (4,3%)	5 (5,2%)
nein	0 (0,0%)	1 (2,1%)	1 (1,0%)
nach 1 Jahr bei FU			
ja	46 (95,8%	41 (85,4%)	87 (90,6%)
wahrscheinlich	2 (4,2%)	7 (14,6%)	9 (9,4%)
nein	0 (0%)	0 (0 %)	0 (0%)

siehe Kapitel 4.9.2, Seite 50

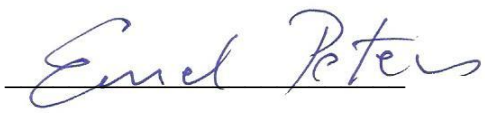
8.3 Danksagung

Meinen Dank aussprechen möchte ich Prof. Dr. U. Kehler für die Überlassung des Dissertationsthemas und für die stetige und intensive Betreuung während der Erstellung dieser Arbeit. Weiterhin gilt mein Dank Frau Dr. T. Kottmann für Beratung und Hilfe im Umgang mit der Statistiksoftware SPSS und Frau G. Peters für Unterstützung bei der Formatierung der Arbeit in Microsoft Word. Nicht zuletzt möchte ich meiner Familie für Ihre Geduld und moralische Unterstützung danken.

8.4 Ehrenwörtliche Erklärung

Ich versichere ausdrücklich, dass ich die vorgelegte Dissertation selbstständig und ohne fremde Hilfe angefertigt, andere als die von mir angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt und die aus den benutzten Werken wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen einzeln nach Ausgabe (Auflage und Jahr des Erscheinens), Band und Seite des benutzten Werkes kenntlich gemacht habe. Ferner versichere ich, dass ich die Dissertation bisher nicht einem Fachvertreter an einer anderen Hochschule zur Überprüfung vorgelegt oder mich anderweitig um Zulassung zur Promotion beworben habe.

Unterschrift:



Emel Peters

9 Lebenslauf

Emel Peters, geb. Haskan

Geboren am 22.01.1952 als erstes Kind des Ihsan Haskan und seiner Frau Mualla in Haciyakup / Türkei.

Schulausbildung:

1958-1963	Grundschule in Istanbul
1963-1964	Mittelschule in Manyas/Türkei
1964-1966	Schule in Kiel
1966-1971	Lyzeum in Istanbul mit Abschluss des türkischen Abiturs
1971-1973	Studienkolleg in Hamburg mit Erwerb der deutschen Hochschulreife

Hochschulstudium:

1973-1981	Studium der Humanmedizin an der Universität Hamburg
seit März 1982	Assistenzärztin in der neurochirurgischen Abteilung im Allg. Krankenhaus Altona (seit 2005 Asklepios Klinik Altona in Hamburg)
1998	Facharztanerkennung für Neurochirurgie

Dissertation:

Januar 2006 - August 2008	Datenerfassung mit Vor- und Nachuntersuchung der operierten Patienten
August 2008 - Juli 2009	Statistische Aufbereitung der Daten und Verfassen der Dissertationsschrift