

Aus dem Lehrstuhl
für Orthopädie
Prof. Dr. Med. Dr. h.c. J. Grifka
der Fakultät für Medizin
der Universität Regensburg

„Retrospektive Analyse der Wirksamkeit von Injektionen an der Wirbelsäule bei Patienten,
die im Rahmen einer stationären multimodalen Schmerztherapie behandelt wurden“

Inaugural – Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Medizin

der
Fakultät für Medizin
der Universität Regensburg

vorgelegt von
Anja Prediger

2022

Aus dem Lehrstuhl
für Orthopädie
Prof. Dr. Med. Dr. h.c. J. Grifka
der Fakultät für Medizin
der Universität Regensburg

„Retrospektive Analyse der Wirksamkeit von Injektionen an der Wirbelsäule bei Patienten,
die im Rahmen einer stationären multimodalen Schmerztherapie behandelt wurden“

Inaugural – Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Medizin

der
Fakultät für Medizin
der Universität Regensburg

vorgelegt von
Anja Prediger

2022

Dekan: Prof. Dr. med. Dipl. Phys. Dirk Hellwig

1. Berichterstatter: Prof. Dr. med. Achim Benditz

2. Berichterstatter: PD Dr. med. Patrick Hoffstetter

Tag der mündlichen Prüfung: 27.09.2022

Inhalt

1.	Einleitung	5
2.	Zielsetzung	12
3.	Methoden und Material	13
3.1	Kollektiv.....	13
3.2	Methodik	14
3.3	Statistische Methoden	26
4.	Ergebnisse	28
4.1	Stichprobenbeschreibung	28
4.2	Wirksamkeit der ersten Radikulographie.....	29
4.2.1	Rückenschmerz	29
4.2.2	Beinschmerz.....	29
4.2.3	Nackenschmerz	30
4.2.4	Armschmerz	31
4.3	Wirksamkeit bei wiederholter Radikulographie	32
4.3.1	Rückenschmerz	32
4.3.2	Beinschmerz.....	33
4.4	Schmerzreduktion auf unterschiedlichen Injektionshöhen	34
4.4.1	Rückenschmerz	34
4.4.2	Beinschmerz.....	36
4.4.3	Nackenschmerz	38
4.4.4	Armschmerz	40
4.5	Klassifikation für die Verteilung des Röntgenkontrastmittels.....	41
4.5.1	Darstellung der entwickelten Klassifikation	41
4.5.2	Anwendung der entwickelten Klassifikation	46
4.5.3	Vergleich Schmerzreduktion bei unterschiedlicher Klassifikation.....	47
4.6	Vergleich Schmerzreduktion bei Männern und Frauen	52
4.6.1	Rückenschmerz	52
4.6.2	Beinschmerz.....	52
4.7	Vergleich Schmerzreduktion der Altersgruppen.....	53
4.7.1	Rückenschmerz	53
4.7.2	Beinschmerz.....	55

4.8	Vergleich Schmerzreduktion bei unterschiedlichem BMI.....	56
4.8.1	Rückenschmerz	56
4.8.2	Beinschmerz.....	56
4.9	Vergleich Schmerzreduktion bei memory pain	57
4.9.1	Rückenschmerz	57
4.9.2	Beinschmerz.....	58
4.10	Vergleich Schmerzreduktion bei zusätzlicher Epiduralinjektion.....	59
4.10.1	Rückenschmerz	59
4.10.2	Beinschmerz.....	59
4.11	Vergleich Schmerzreduktion bei zusätzlicher Facetteninfiltration	60
4.11.1	Rückenschmerz	60
4.11.2	Beinschmerz.....	61
5.	Diskussion.....	62
5.1	Diskussion Wirksamkeit der ersten Radikulographie	62
5.2	Diskussion Wirksamkeit bei wiederholter Radikulographie	65
5.3	Diskussion Schmerzreduktion auf unterschiedlichen Injektionshöhen	65
5.4	Diskussion Klassifikation für die Verteilung des Röntgenkontrastmittels	68
5.5	Diskussion Vergleich Schmerzreduktion bei Männern und Frauen	70
5.6	Diskussion Vergleich Schmerzreduktion der Altersgruppen.....	70
5.7	Diskussion Vergleich Schmerzreduktion bei unterschiedlichem BMI	71
5.8	Diskussion Vergleich Schmerzreduktion bei memory pain.....	71
5.9	Diskussion Vergleich Schmerzreduktion bei zusätzlicher Epiduralinjektion.....	72
5.10	Diskussion Vergleich Schmerzreduktion bei zusätzlicher Facetteninfiltration	73
6.	Zusammenfassung.....	74
7.	Anhang	75
7.1	Beispielschmerzbogen	75
8.	Literaturverzeichnis	76
9.	Danksagung.....	
10.	Lebenslauf.....	

1. Einleitung

Degenerative Erkrankungen des Skeletts betreffen in etwa 60 % der Fälle die Wirbelsäule. Mehr als 70 % der bis 50-Jährigen litten bereits unter andauernden oder episodischen Wirbelsäulenbeschwerden. (1) Jeder zehnte Patient in Allgemeinarztpraxen und jeder zweite Patient in orthopädischen Behandlungseinrichtungen wird wegen degenerativen Wirbelsäulenerkrankungen vorstellig. (2) In einer Umfrage von Henn et al., gaben fast 29 % der in Deutschland Befragten an, oft oder sehr oft an Rückenschmerzen zu leiden. (3) Weltweit sind Schmerzen im unteren Rückenbereich die führende Ursache für mit Behinderung gelebte Lebensjahre (*years lived with disability*). (4) Da Wirbelsäulenbeschwerden, insbesondere Rückenleiden, ausgesprochen häufig zur Inanspruchnahme medizinischer Versorgung, Arbeitsunfähigkeit und früher Berentung führen, sind sie von herausragender medizinischer, gesundheitsökonomischer sowie epidemiologischer Bedeutung. (5)

Entsprechend wichtig sind effektive Therapien. Im *Asklepios Klinikum Bad Abbach* werden seit über 20 Jahren spezielle Injektionsverfahren angewendet, um nervale Wirbelsäulenbeschwerden zu behandeln: (6) „[Die Injektionstherapie] hat einen zentralen Stellenwert im Rahmen der konservativen Behandlung, insbesondere bei anfänglich erfolgloser Anwendung anderer Maßnahmen. Zudem stellt sie eine wichtige Differenzierungsmöglichkeit vor weitergehenden Behandlungsschritten dar.“ (7) Die Analyse der Wirksamkeit von Radikulographien als Teil dieser speziellen Injektionstherapie, die im *Asklepios Klinikum Bad Abbach* im Rahmen einer stationären multimodalen Schmerztherapie durchgeführt wird, ist Thema vorliegender Arbeit.

Durch Reizung von nervalen Strukturen und umgebenden Weichteilen, insbesondere Gelenkkapseln, Bändern, Bandscheiben und Muskeln, verursachen degenerative Wirbelsäulenpathologien Beschwerden. Im Bereich der Halswirbelsäule leiden Betroffene unter Nackenschmerzen mit eventueller, dem Verlauf des betroffenen Spinalnerven entsprechender, Ausstrahlung in den Arm und an der Lendenwirbelsäule unter Rückenleiden mit möglicher Schmerzausstrahlung in das Bein. Diese Schmerzen führen zu reflektorischen Muskelverspannungen mit Fehl- und Schonhaltungen der Wirbelsäule und damit einer Progredienz der Symptome. Zudem wird die Schmerzschwelle der Nozizeptoren herabgesetzt. Die beteiligten nervalen Strukturen werden dadurch sensibler. So werden Schmerzen auch bei physiologischen Haltungen und Bewegungen empfunden und ein Schmerzgedächtnis entsteht. Der Schmerz wird zum primären Symptom. Hierdurch kann sich eine Schmerzerkrankung manifestieren. (8) (9)

Einleitung

Das Ziel der Injektionstherapie ist es diese Kaskade aus Schmerz-Fehlhaltung-Verspannung-zunehmendem Schmerz zu durchbrechen. (7) Durch eine Schmerzlinderung, ermöglichen die durchgeführten Injektionen aus der Schonhaltung zu kommen und an Therapien einer multimodalen orthopädischen Schmerzbehandlung teilzunehmen. Dabei soll die Muskulatur mit aktivierenden Bewegungstherapien gekräftigt und mit Hilfe der Rückenschule ein wirbelsäulengerechtes Verhalten erlernt werden. Ärztlich begleitete Physio- und Sporttherapien werden mit psychologischen Gesprächstherapien zur Schmerzbewältigung kombiniert. (10) (11) (12)

Diese multimodale Schmerztherapie stellt eine effektive Behandlungsmöglichkeit von Wirbelsäulenbeschwerden dar. (10) (11) (13) (14) Therapiert werden vorwiegend Facettensyndrome und Radikulopathien durch Bandscheibendegenerationen und Spinalkanalstenosen. (12) (15) Bei etwa 80% der Betroffenen kann so eine Operation vermieden werden. (6)

Kontraindikationen der Injektionstherapie stellen Allergien gegen die applizierten Medikamente, schwere Überleitungsstörungen des Herzens, Herzinsuffizienzen, Epilepsien, Blutgerinnungsstörungen und Infektionen dar. Insgesamt sind die in dieser Studie untersuchten Injektionsverfahren jedoch als risikoarm einzustufen. (7) (8) (16)

Während der Behandlung werden Lokalanästhetika und/oder Glukokortikoide, an die betroffenen nervalen Strukturen appliziert. (17) Die verwendeten Lokalanästhetika blockieren die Natriumkanäle des Spinalnerven. So werden die Entstehung und Weiterleitung eines Aktionspotenziales in der Nervenfasern verhindert und eine sofortige Schmerzlinderung erreicht. Im *Asklepios Klinikum Bad Abbach* wird bevorzugt Ropivacain mit einer Halbwertszeit von etwa vier Stunden eingesetzt. Wiederholte therapeutische Injektionen desensibilisieren die nervalen Strukturen und erhöhen dadurch die Schmerzschwelle. (8) (10) (12) (18) (19) (20) Glukokortikoide besitzen, durch Hemmung der Prostaglandin- und Leukotriensynthese, eine antiinflammatorische und analgetische Wirkung. Die Entzündungskaskade wird unterbrochen und Schwellungen sowie Gewebeschädigungen werden reduziert. (10) (21) Glukokortikoide wirken erst nach Stunden bis Tagen und deutlich länger. So wirkt das im untersuchten Patientenkollektiv überwiegend eingesetzte Triamcinolon über eine Zeitspanne von 15-24 Stunden. (20) Injektionen können in der akuten und chronischen Erkrankungsphase eine Symptomverbesserung erzielen.

Ein Kontrastmitteleinsatz unter Röntgen- oder Computertomographie-Kontrolle sowie Ultraschall-gestützte Verfahren ermöglichen hierbei eine präzisere Durchführung. (22) (23) (24) (25) (26)

Durch die digitale Subtraktionsangiographie können eine gezieltere Nadelpositionierung und eine besser abgrenzbare Kontrastmittelverteilung erreicht werden. (27)

Neben dem Ziel der Schmerzlinderung, können Injektionen an der Wirbelsäule auch diagnostisch genutzt werden. (12) (18) (20) (28) Dies ist insbesondere im Hinblick auf die oft unspezifischen klinischen Symptome der Patienten von großer Bedeutung: So konnten Studien zeigen, dass die Nervenwurzelschmerzsymptomatik mit Ausnahme der vierten zervikalen Spinalnervenwurzel (Sensitivität 60%, Spezifität 72%) und der ersten sakralen Nervenwurzel (Sensitivität 65%, Spezifität 80%) in der klinischen Untersuchung meist keinem spezifischem Dermatome folgt. (29) (30) (31) Beschwerden bei mittlerer lumbaler Radikulopathie unterscheiden sich deutlich. Symptome, ausgelöst durch Reizung der dritten lumbalen Spinalnervenwurzel, scheinen dabei oft variabler als Schmerzen bedingt durch den fünften lumbalen und ersten sakralen Spinalnerv. (32) Auch zur diagnostischen Ergänzung bildgebender Verfahren sind Injektionen hilfreich. So zeigt beispielsweise die Magnetresonanztomographie zur Diagnose von lumbosakralen Nervenwurzelkompressionen zwar eine hohe Spezifität, die Sensitivität ist aber gering. (33)

Die Analyse der therapeutischen Wirksamkeit von Radikulographien stellte den Schwerpunkt vorliegender Arbeit dar. Bei der Durchsicht der verfügbaren Literatur fällt auf, dass der Begriff „Radikulographie“ nicht einheitlich verwendet wird. In folgender Tabelle wird ein Überblick über die verschiedenen Begrifflichkeiten und weitere Techniken von Radikulographien dargestellt. Die spezielle Durchführung der Radikulographien in vorliegender Studie wird im Kapitel Methodik beschrieben.

Tabelle 1

Bezeichnungen und spezifische Besonderheiten von Radikulographien in ausgewählter Literatur

Bezeichnung in Literatur	Besonderheiten
selective nerve root injection (SNRI) (32)	<p>Studie über Charakteristika von Radikulopathien auf Lendenwirbelhöhe L3</p> <p>Methodik: selektive Nervenwurzelinjektionen mit Lokalanästhetikum und Glukokortikoid unter Bildwandler-, Kontrastmittel-, und memory pain-Kontrolle</p> <p>Ergebnis: deutliche Variabilität der Symptome bei Radikulopathien auf Höhe L3, effektive Schmerzreduktion bei einem Großteil der Patienten</p>
selective nerve root injection (SNRI) (16)	<p>Studie über Komplikationen und unerwünschte Nebenwirkungen von zervikalen und lumbosakralen selektiven Nervenwurzelinjektionen</p> <p>Methodik: diagnostische selektive Nervenwurzelinjektionen unter Bildwandlerkontrolle mit Lokalanästhetikum, therapeutische Injektionen unter Bildwandlerkontrolle mit Lokalanästhetikum und Glukokortikoid</p> <p>Ergebnis: keine Feststellung schwerwiegender Komplikationen, Vorkommen leichter, reversibler Nebenwirkungen</p>
selective nerve root block (SNRB) (34)	<p>Studie zur Untersuchung der Nadelspitzenposition für die Genauigkeit von diagnostischen selektiven Nervenwurzelblöcken</p> <p>Methodik: diagnostische selektive Nervenwurzelblöcke in posterior-lateralem Zugang unter Bildwandlerkontrolle mit Lokalanästhetikum</p> <p>Ergebnis: höhere diagnostische Genauigkeit bei lateral vom Pedikel liegender Nadelspitze als bei medialer oder kaudaler Nadelspitzenposition, signifikant geringere Selektivität der diagnostischen Injektionen bei Patienten mit Wirbelsäulendeformitäten als bei Probanden ohne Deformitäten</p>
selective transforaminal cervical nerve root block (35)	<p>Fallreport über einen unerwünschten subduralen Lokalanästhetikaabfluss im Rahmen eines selektiven transforaminalen zervikalen Nervenwurzelblock auf Halswirbelsäulenhöhe C6 unter Bildwandlerkontrolle</p>

Einleitung

Fortsetzung Tabelle 1

Bezeichnungen und spezifische Besonderheiten von Radikulographien in ausgewählter Literatur

Bezeichnung in Literatur	Besonderheiten
fluroscopically guided selective spinal nerve root block (36)	<p>Studie über Faktoren, die die Wirksamkeit von Fluroskopie-gesteuerten selektiven Spinalnervenzwurzelblockaden in der Behandlung von Radikulopathien beeinflussen</p> <p>Methodik: zervikale selektive Spinalnervenblöcke in anterior-lateralem Zugang ins äußere Neuroforamen mit myelographischem Kontrastmittel, Lokalanästhetikum und Glukokortikoid, zervikale selektive Spinalnervenblöcke mit posterior-lateralem Zugang ohne Kontrastmittel, lumbale und sakrale selektive Spinalnervenblöcke mit seitlichem Zugang mit und ohne Kontrastmittel, Lokalanästhetikum und Glukokortikoid</p> <p>Ergebnis: signifikante Schmerzreduktion für mindestens eine Woche, keine Wirksamkeitsunterschiede auf unterschiedlichen Wirbelsäulenhöhen, keine Wirksamkeitsunterschiede bei Durchführung mit oder ohne Kontrastmittel, keine Wirksamkeitsunterschiede bei positivem und negativem memory pain</p>
cervical transforaminal injection of steroids (37)	<p>Beschreibung einer Technik von zervikalen transforaminalen Steroidinjektionen mit epiduraler Verteilung unter Bildwandlerkontrolle mit Kontrastmittel, Lokalanästhetikum und Glukokortikoid, dabei seitliches Einbringen der Nadel mit Zielposition auf halbem Weg zwischen den medialen und lateralen Rändern der Gelenksäulen</p>

Fortsetzung Tabelle 1

Bezeichnungen und spezifische Besonderheiten von Radikulographien in ausgewählter Literatur

Bezeichnung in Literatur	Besonderheiten
ultrasound-guided cervical nerve root block (38)	<p>Studie über Wirksamkeit und Genauigkeit von Ultraschall-gesteuerten zervikalen Nervenwurzelblöcken</p> <p>Methodik: Ultraschall-gesteuertes Aufsuchen der Zielregion und Risikostrukturen, Gabe von NaCl, Kontrastmittel ohne epiduraler Verteilung, Lokalanästhetikum und Glukokortikoid nach positiver elektrischer Nervenstimulation bei Patienten, ultraschall-gesteuerte selektive zervikale Nervenwurzelblöcke mit blauer Farbe bei Kadavern und Untersuchung der anatomischen Verteilung</p> <p>Ergebnis: signifikante Schmerzreduktion 24 Stunden und 30 Tage nach zervikalem Nervenwurzelblock in Patientenstudie, überwiegend extraforaminale Kontrastmittelverteilung in Kadaverstudie, korrekte Ultraschall-gesteuerte Identifizierung der Zielnervenwurzel in beiden Studien</p>
lumbar selective nerve root block (22)	<p>Studie über den Einsatz von unterschiedlichen Medikamenten bei therapeutischen lumbalen selektiven Nervenwurzelblöcken</p> <p>Methodik: lumbale selektive Nervenwurzelblöcke mit Betamethason und Lidocain (Gruppe A) oder Triamcinolon und Bupivacain (Gruppe B)</p> <p>Ergebnis: kein unterschiedlicher Outcome bei unterschiedlichen Medikamenten</p>
nerve root sheath infiltration (39)	<p>Studie über den diagnostischen Wert von lumbalen und sakralen Nervenwurzelscheideninfiltrationen</p> <p>Methodik: Nervenwurzelscheideninfiltration mit Lokalanästhetikum unter Bildwandler-, Kontrastmittel-, und memory pain- Kontrolle zur genauen Nadelspitzenposition (kaudal des Pedikels und lateral der Verbindungslinie der Zentren der Pedikel)</p> <p>Ergebnis: hohe diagnostische Spezifität und Sensitivität der Nervenwurzelscheideninfiltrationen</p>

Einleitung

Fortsetzung Tabelle 1

Bezeichnungen und spezifische Besonderheiten von Radikulographien in ausgewählter Literatur

Bezeichnung in Literatur	Besonderheiten
lumbale paravertebrale Blockade (19)	Bucheintrag mit Beschreibung von lumbalen paravertebralen Blockaden unter Bildwandlerkontrolle mit Einstich 4 cm lateral des Dornfortsatzes und Stichrichtung auf den Processus costalis, anschließendem Zurückziehen der Nadel und Kaudalisieren unterhalb des Querfortsatzes und Gabe von Lokalanästhetikum unter Ausschluss eines epiduralen Abflusses
CT-guided periradicular injection (CTGPI) (40)	Studie über die Behandlung von (extra-) foraminale Bandscheibenvorfällen mit CT-gesteuerten periradikulären Injektionen Methodik: eine bis drei CT-gesteuerte therapeutische periradikuläre Injektionen mit epiduralem Abfluss an der Lendenwirbelsäule Ergebnis: sichere und wirksame Therapie bei (extra-) foraminale Bandscheibenvorfällen
periradicular corticosteroid injection (41)	Studie über Faktoren der Wirksamkeit von periradikulären Steroidinjektionen bei lumbaler Radikulopathie Methodik: transforaminale, periradikuläre, therapeutische Kortikosteroidinjektion mit Stichrichtung auf den Processus costalis, Lokalanästhetikum- und Glukokortikoid- Gabe mit epiduraler Verteilung unter Bildwandler-, und Kontrastmittelkontrolle Ergebnis: einfache, sichere und effektive Therapie von Schmerzen durch Bandscheibenvorfälle und Wirbelsäulendenerationen

2. Zielsetzung

In dieser retrospektiven Studie sollte die therapeutische Wirksamkeit der 2015 und 2016 im *Asklepios Klinikum Bad Abbach* durchgeführten Radikulographien im Allgemeinen und unter verschiedenen, im Folgenden dargestellten, Einflussfaktoren untersucht werden:

Ziel war es zu analysieren, ob die Schmerzangaben der Patienten einen und zwei Tage nach Radikulographie signifikant geringer waren als einen Tag vor Injektion.

Es sollte die Frage geklärt werden, ob eine zweite lumbale / sakrale Radikulographie die Rücken- und Beinschmerzen der Patienten weiter lindern konnte.

Ausgewertet werden sollte, ob sich die Schmerzreduktion auf verschiedenen Injektionshöhen unterschied.

Der Schwerpunkt der Studie lag in der Entwicklung einer neuen Klassifikation zur Verteilung des Röntgenkontrastmittels bei lumbaler / sakraler Radikulographie. Mit Hilfe der Klassifikation sollte herausgefunden werden, ob die Verteilung des Kontrastmittels, und somit der injizierten Medikamente, einen Einfluss auf die subjektiv empfundene Schmerzreduktion hatte. Als Haupthypothesen wurden formuliert:

Nullhypothese H_0 : Die Schmerzreduktion unterschied sich nicht bei verschiedenen Verteilungen des Röntgenkontrastmittels, gemäß der entwickelten Klassifikation.

Alternativhypothese H_1 : Die Schmerzreduktion unterschied sich bei verschiedenen Verteilungen des Röntgenkontrastmittels, gemäß der entwickelten Klassifikation.

Ziel war es außerdem herauszufinden, inwieweit sich die Schmerzreduktionen nach lumbaler / sakraler Radikulographie bei unterschiedlichem biologischem Geschlecht, Alter und Body-Mass-Index (BMI) unterschieden.

Entsprach die ausgelöste Schmerzempfindung, während der Radikulographie den Beschwerdesymptomen wurde dies als positiver memory pain, andernfalls als negativer memory pain, festgehalten. Es sollte die Frage geklärt werden, ob die Angabe eines memory pains zu einer signifikant größeren Schmerzreduktion führte.

Schließlich sollte analysiert werden, inwiefern zusätzliche Epiduralinjektionen und / oder Facetteninfiltrationen im Beobachtungszeitraum die Schmerzreduktion beeinflussten.

3. Methoden und Material

3.1 Kollektiv

Diese Arbeit wurde von der Ethikkommission der Universität Regensburg genehmigt (Nummer: 21-2292-104).

In vorliegender retrospektiver Studie wurden die Protokolle der Injektionen, die Schmerzbögen und die Röntgenbilder von Radikulographien aus archivierten Patientenakten ausgewertet. Der Studienzeitraum betrug zwei Jahre. 2015 wurden fünfzehn und 2016 vierzehn zervikale Radikulographien, im Rahmen einer stationären Schmerztherapie, im *Asklepios Klinikum Bad Abbach* durchgeführt. Davon konnten insgesamt 21 Fälle in die Analyse eingeschlossen werden. Bei den ausgeschlossenen Patienten fehlten die Schmerzkurven. Genauer zeigt folgende Tabelle.

Tabelle 2

Datenverwertung zervikale Radikulographien

Jahr	eingeschlossen	ausgeschlossen	gesamt
2015	10	5	15
2016	11	3	14
gesamt	21	8	29

Im Jahr 2015 wurden 261 und im Folgejahr 272 lumbale / sakrale Radikulographien, im Rahmen einer stationären Schmerztherapie, im *Asklepios Klinikum Bad Abbach* durchgeführt. Davon konnten insgesamt 409 ausgewertet werden. Bei den ausgeschlossenen Patienten fehlten wiederum die Schmerzkurven. Weiteres präsentiert folgende Tabelle.

Tabelle 3

Datenverwertung lumbale / sakrale Radikulographien

Jahr	eingeschlossen	ausgeschlossen	gesamt
2015	214	47	261
2016	195	77	272
gesamt	409	124	533

3.2 Methodik

Ausgewertet wurden die Akten der Patienten, die in den Jahren 2015 und 2016 Radikulographien im *Asklepios Klinikum Bad Abbach* erhielten. Die Injektionstherapie wurde in Kombination mit physikalischer Trainingstherapie, inklusive Schmerzbewältigungsstrategien und mit Rückenschule, im Sinne einer multimodalen Schmerztherapie, angewandt. (10)

Im Folgenden werden die verschiedenen Injektionsverfahren, die im *Asklepios Klinikum Bad Abbach* durchgeführt werden und für diese Studie von Bedeutung sind, genauer dargestellt.

Die Analyse von Radikulographien stellte den Schwerpunkt vorliegender Arbeit dar. Für zervikale Radikulographien wurden folgende Materialien eingesetzt:

- Spinalkanüle 25 G / 0,5 mm mit Mandrin und Quinke-Schliff
- 5-ml-Spritze Luer-Lock mit 1 ml Ropivacain 0,2 % und 10 mg Triamcinolon (10)

Die Patienten wurden parallel zum Operationstisch mit gerader Halswirbelsäule und paralleler Schulterausrichtung gelagert. (10) Mittels Röntgenkontrolle ermittelte der behandelnde Arzt die Höhe der Injektionsstelle. Punktiert wurde dorsal des Musculus sternocleidomastoideus und der Vena jugularis. (10) Der Behandler schob die Kanüle parallel zur Achse des Röntgengerätes (30 Grad Drehung in Richtung Gesicht des Patienten) vor. Nach maximal zwei Zentimetern war der dorsokraniale Rand des Neuroforamens (Foramen intervertebrale) als Knochenkontakt spürbar. Um nicht weiter als zur Hälfte der Foramentiefe vorzudringen, erfolgte eine Röntgenkontrolle im anterior - posterioren Strahlengang. 0,5 bis 1 ml Kontrastmittel wurden, unter Ausschluss eines epiduralen oder inraarteriellen Abflusses, injiziert, um eine periradikuläre Anfärbung in der Bildwandlerkontrolle zu ermöglichen. Hierbei waren Infusionen und ein Kreislaufmonitoring obligat. (10) Anschließend injizierte der Behandler ein Gemisch aus Ropivacain und Kortison. (10)

Folgendes Bild zeigt eine zervikale Radikulographie.



Abbildung 1: Darstellung einer zervikalen Radikulographie. Bild a) zeigt die Patientenlagerung und Röntgenkontrolle. In Abbildung b) ist die Markierung der Punktionsstelle an der Halswirbelsäule dargestellt. (10)

Folgende Materialien wurden bei lumbaler Radikulographie eingesetzt:

- Spinalkanüle 22 G / 0,7 × 88 mm mit Mandrin und Quinke-Schliff
- 5- oder 10-ml-Spritze Luer-Lock mit 2 ml Lokalanästhetikum und 20 mg Triamcinolon (10)

Lumbale Radikulographien können in extra- und intraforaminaler Injektionstechnik durchgeführt werden:

Beim extraforaminalen Zugang wurde der Patient in Bauchlage und mit Unterlage positioniert, um die physiologische Lordose der Lendenwirbelsäule aufzuheben. Eingestochen wurde am Unterrand des Querfortsatzes (Processus costalis) etwa drei Zentimeter paramedian der Dornfortsatzlinie. Nach Knochenkontakt mit dem Processus wurde die Nadel nach unten ausgerichtet, etwas vorgeschoben und so direkt vor das gewünschte Neuroforamen (Foramen intervertebrale) platziert. (10) (12) (18) Der Arzt spritzte 0,5 bis 1 ml Röntgenkontrastmittel, um die selektive Wurzelanfärbung mittels Röntgenkontrolle zu bestätigen. Dann wurden Lokalanästhetikum und Kortison injiziert. (10) Berührte die Kanüle die Nervenwurzel, empfand der Patient einen Schmerz entsprechend dem Verlauf des Spinalnervs. Entsprechend die ausgelöste Schmerzempfindung den Beschwerdesymptomen wurde dies als positiver memory pain, andernfalls als negativer memory pain, festgehalten. So konnte eine genauere Positionierung der Kanüle erreicht werden. (10) (12) (18) Aufgrund der anatomischen Verhältnisse musste bei Männern mit stark medial stehendem Darmbein (Os Ileum) der extraforaminale Zugang angewandt werden. (10)

Folgendes Bild zeigt eine Röntgenaufnahme während der extraforaminalen Technik.

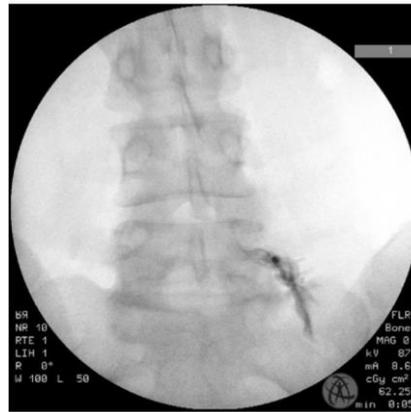


Abbildung 2: Röntgenbild einer lumbalen extraforaminalen Radikulographie. Zu sehen ist die Kontrastmittelverteilung entlang der aus dem Neuroforamen (Foramen intervertebrale) ausgetretenen Nervenwurzel. (10)

Bei der intraforaminalen, auch transforaminalen Technik genannten, Methode entsprach die Patientenlagerung der bei extraforaminalen Injektionen. Eingestochen wurde jedoch etwa drei Zentimeter lateraler und einen Zentimeter weiter nach kaudal versetzt. Die Kanüle wurde nach kranial-medial ausgerichtet, um den Unterrand des Pedikels (Pediculus arcus vertebrae) des gewünschten Wirbels zu erreichen und die Nadel exakt im Neuroforamen (Foramen intervertebrale) zu positionieren. Überprüft wurde die korrekte Nadelplatzierung dabei auch mittels Röntgenkontrolle. (10) Da der Nerv direkt im Neuroforamen (Foramen intervertebrale) betäubt werden konnte, war die Aussage zum memory pain genauer als bei der extraforaminalen Injektion. (10) Diese Injektionstechnik ist aufgrund der komplizierteren Nadelplatzierung jedoch aufwendiger zu erlernen. Mögliche Komplikationen beinhalten die Punktion des Durasackes bei zu medialer Injektion. Dadurch kann eine spinale anstatt einer monoradikulären Analgesie auftreten. (10) (17)

Folgendes Röntgenbild zeigt die typische Bildgebung bei intraforaminaler Injektion.



Abbildung 3: Röntgenbild einer lumbalen intraforaminalen Radikulographie. Die Röntgenaufnahme zeigt, dass sich das Kontrastmittel auch im Neuroforamen (Foramen intervertebrale) verteilt. (10)

Als Besonderheit bei Radikulographien auf Höhe des ersten Sakralwirbels, wurde hier das erste Wurzelloch (Foramen sacrale) als Zugang gewählt. Nach Kontrolle der Nadelposition, brachte der behandelnde Arzt die Kanüle in einem Winkel von etwa drei Grad aus der Sagittalebene von lateral nach medial und 60 Grad von kaudal nach kranial aus der Horizontalebene ein. In dieser Position wurden das Kontrastmittel und anschließend ein Lokalanästhetikum mit Kortisonzusatz gespritzt. (10) (12) (18) Als Komplikation können bei allen Techniken Postpunktionsskopfschmerzen auftreten. (10) (18)

Folgendes Röntgenbild zeigt die Kontrastmittelverteilung während einer sakralen Radikulographie.



Abbildung 4: Röntgenbild einer sakralen Radikulographie. Sichtbar ist die Verteilung des Kontrastmittels entlang der ersten sakralen Spinalnervenwurzel. (18)

Zu beachten ist, dass bei therapeutischen Radikulographien, wie sie in dieser Studie eingesetzt wurden, höhere Injektionsvolumina als bei rein diagnostischen Infiltrationen verwendet werden, wobei ein epiduraler Abfluss möglich ist.

Da in dieser Arbeit auch der Einfluss einer zusätzlichen Epiduralinjektion im Beobachtungszeitraum um die Radikulographie berücksichtigt wurde, wird im Folgenden auch diese Injektionstechnik beschrieben.

Für zervikale Epiduralinjektionen wurden folgende Materialien eingesetzt:

- Spinalnadel 22 G / 0,7 × 88 mm mit Quincke-Schliff
- Spritze mit Luer-Lock mit 10 ml NaCl 0,9 % mit Kortisonzusatz (20 bzw. 40 mg Triamcinolon)
- 10 ml Spritze mit 2 ml Kontrastmittel (10)

Unter Röntgenkontrolle suchte der behandelnde Arzt das gewünschte intralaminäre Fenster auf. Die Nadel wurde mittig im intralaminären Fenster und parallel zu den Dornfortsätzen (Processus spinosi) vorgebracht. (10) Nach Erreichen des Ligamentums supraspinale erfolgte eine Röntgenkontrolle.

Anschließend wurde die Nadel mithilfe der Loss-of-resistance (LOR) Technik, einem Widerstandsverlust nach Durchstechen der Ligamenta flava, vorgebracht und Kontrastmittel gespritzt. Verteilte sich dieses im dorsalen Epiduralraum, applizierte der Behandler Natriumchlorid mit Kortisonzusatz. (10) Dabei wurden bei Diabetikern zur Reduktion des Risikos einer Hyperglykämie nur 20 mg, anstelle der üblichen 40 mg, Triamcinolon injiziert. (10) Damit sich das Kortison um die an der Schmerzsymptomatik beteiligten Durasäcke verteilte, wurde der Patient auf die betroffene Seite gelagert. Meist erhielten die Patienten eine bis zwei Epiduralinjektionen während ihrer bis zu 12 Tage langen stationären Schmerztherapie. (10)

Auf lumbaler Höhe werden im *Asklepios Klinikum Bad Abbach* dorsale und perineurale Epiduralinjektionen durchgeführt. Für lumbale dorsale Epiduralinjektionen wurden folgende Materialien verwendet:

- Spinalkanüle 22 G / 0,7 × 88 mm mit Mandrin
 - 10-ml-Spritze Luer-Lock, NaCl 0,9 %, mit Kortisonzusatz (20 bzw. 40 mg Triamcinolon)
- (10)

Der Patient wurde sitzend mit Rundrücken positioniert. Die Einstichstelle befand sich mittig zwischen den Dornfortsätzen (Processus spinosi). Hier brachte der Arzt die Kanüle mit der Loss-of-Resistance (LOR) Technik 4 bis 8 cm, parallel zu den Dornfortsätzen (Processus spinosi) bis in den dorsalen Epiduralraum ein. Nach Ausschluss einer intrathekalen Lage, wurde Natriumchlorid mit Kortisonzusatz appliziert. (10)

Für lumbale perineurale Epiduralinjektionen wurden folgende Materialien verwendet:

- 2-Nadel-Technik mit 21 G und darin zu führender 29-G-Injektionsnadel
- 1-ml-Spritze (Diabetesspritze) mit Kortikoid (10 mg Triamcinolon) mit minimalem Lokalanästhetikazusatz (10)

Im *Asklepios Klinikum Bad Abbach* wurde eine spezielle zwei Nadel-Technik für lumbale epidurale perineurale Injektionen entwickelt. Es wurde eine Führungskanüle (Introducer) im Zwischenwirbelloch (Foramen interarcuale) bis zu 20 Grad schräg von seitlich der Mittellinie zur kontralateralen Spinalnervenwurzel vorgeschoben.

Dann wurde eine 29-G-Kanüle aufgesetzt und in Richtung Spinalnervenzwurzel weiter eingebracht, bis Knochenkontakt spürbar war oder der Patient einen Nervenschmerz angab. Anschließend applizierte der behandelnde Arzt das Kortikoid mit Lokalanästhetikazusatz in den Epiduralraum. (10)

Für epidural-sakrale Injektionen wurden folgende Materialien verwendet:

- Spinalkanüle 22 G / 0,7 × 88 mm mit Mandrin
- Spritze mit 10 ml NaCl 0,9 % und Kortisonzusatz (20 bzw. 40 mg Triamcinolon) (10)

Bei dieser Technik wurden in einer Knie-Hock-Lagerung die Kreuzbeinhörner (Cornua sacralia) und der Kreuzbeinkanal (Hiatus sacralis) des Patienten aufgesucht. Der behandelnde Arzt punktierte oberhalb der Analfalte und schob die Nadel, unter Ausschluss einer Punktion des Durasackes, weiter kranial in den Spinalkanal. Nach negativem Aspirationsversuch wurden Natriumchlorid mit Kortisonzusatz injiziert. (10)

Neben der Wirksamkeit von Radikulographien mit oder ohne zusätzlichen Epiduralinjektionen im Beobachtungszeitraum, wurden auch Facetteninfiltrationen berücksichtigt.

Für Facetteninfiltrationen an der Halswirbelsäule wurden folgende Materialien verwendet:

- Spinalkanüle 23 G / 0,6 × 80 mm
- 10 ml-Spritze Luer-Lock mit 1% Lokalanästhetikum, ggf. mit Kortisonzusatz (20 bzw. 40 mg Triamcinolon) (10)

Der Untersucher positionierte den Patienten in Bauchlage mit erhöhtem Brustkorb und inkliniertem Kopf zum Ausgleich der physiologischen Halswirbelsäulenlordose. Unter Bildwandlerkontrolle wurde Lokalanästhetikum, gegebenenfalls mit Kortisonzusatz, nahe der Facettengelenke (Articulationes zygapophysiales) injiziert. Dabei sprach eine Schmerzlinderung diagnostisch für die Beteiligung der Facettengelenke an der Schmerzsymptomatik. (10)

Für lumbale Facetteninfiltrationen wurden folgende Materialien eingesetzt:

- Spinalkanüle 23 G / 0,6 × 80 mm (bei adipösen Patienten 0,8 × 120 mm)
- 10 ml-Spritze Luer-Lock mit 1%igem Lokalanästhetikum, mit Kortisonzusatz (20 bzw. 40 mg Triamcinolon) (10)

Unter Röntgenkontrolle wurde die Injektionsstelle etwa zwei Zentimeter paramedian über den Facettengelenken (Articulationes zygapophysiales) gewählt. Anschließend schob der Arzt die Kanüle in sagittaler Richtung bis zum spürbaren Knochenkontakt vor. Nach einem Aspirationstest zum Ausschluss einer intravasalen Kanülenlage, wurde Lokalanästhetikum in die schmerzhafte, von den Rami dorsales des Spinalnerven innervierte, Gelenkkapsel infiltriert. Dieses Verfahren wurde meist bilateral auf mehreren Segmenten durchgeführt. (10)

Während des stationären Aufenthaltes gaben die Patienten ihre subjektiv empfundene Schmerzstärke von 0 (entspricht keinem Schmerz) bis 10 (entspricht dem schlimmsten vorstellbaren Schmerz), gemäß der *Numerischen Rating Skala (NRS)*, auf einem Schmerzbogen (Beispielschmerzbogen Siehe Anhang) an. Dies erfolgte vier Mal täglich. Aus diesen Angaben wurde ein täglicher Durchschnittswert berechnet. Eine zusätzliche Schmerzmedikation wurde für die Dauer des stationären Aufenthaltes abgesetzt, um die therapeutische Wirkung der durchgeführten Injektionsverfahren, insbesondere der Radikulographien, zu prüfen.

Ausgewertet wurden bei zervikalen Radikulographien die Nacken- und Armschmerzen einen Tag vor Radikulographie sowie einen und zwei Tage nach Injektion. Bei lumbalen / sakralen Radikulographien wurden die Rücken- und Beinschmerzen einen Tag vor, sowie einen und zwei Tage nach Injektion betrachtet.

Aus den Schmerzangaben wurden die Differenzen berechnet, um die durch die Injektionen erreichten Schmerzreduktionen darzustellen:

- Schmerzreduktion 1 Tag nach Radikulographie = NRS vor Radikulographie – NRS 1 Tag nach Radikulographie
- Schmerzreduktion 2 Tage nach Radikulographie = NRS vor Radikulographie – NRS 2 Tage nach Radikulographie

Da sich vorliegende Studie auf die akute Schmerzreduktion durch Radikulographie beschränken wollte, betrug der Beobachtungszeitraum vier Tage (1 Tag vor Radikulographie, Tag der Radikulographie, 2 Tage nach Radikulographie). Dabei wurden die Schmerzangaben am Tag der Radikulographien nicht berücksichtigt. Diese erschienen wenig aussagekräftig, da dem Schmerzbogen nicht entnommen werden konnte, ob die Schmerzangaben am Tag der Intervention vor oder nach der Radikulographie dokumentiert wurden. Des Weiteren sind Patienten am Tag des Eingriffes erfahrungsgemäß oft nervös, was die subjektive Schmerzwahrnehmung ebenfalls beeinflussen kann. Darüber hinaus kann ein Injektionsschmerz ebenfalls zu einem subjektiv empfundenem Schmerzanstieg führen, selbst wenn sich die durch die Nervenwurzelirritation ausgelöste Beschwerdesymptomatik nach durchgeführter Radikulographie bessert. (16)

14 Patienten empfanden vor lumbalen / sakralen Radikulographien bereits keinen Rücken- und vor 4 lumbalen / sakralen Radikulographien keinen Beinschmerz. Ein Patient empfand vor der bei ihm durchgeführten zervikalen Radikulographie keinen Nackenschmerz und eine Patientin verspürte vor diesem Eingriff keinen Armschmerz.

Diese Fälle wurden in die Berechnung der medianen Schmerzreduktion nicht miteinbezogen, da eine weitere Schmerzreduktion durch die Radikulographie nicht möglich war, wenn der Schmerz vor dem Eingriff bereits als 0 auf der *Numerischen Rating Skala (NRS)* angegeben wurde. Den Protokollen der Radikulographien konnte die Injektionshöhe und, ob der Patient, während der Radikulographie einen positiven memory pain empfand, entnommen werden. Aus dem Datum der Radikulographien und den Geburtsdaten der Patienten wurde das Alter zum Zeitpunkt des Eingriffes berechnet. Die Patienten wurden in 10er- Schritten in Altersgruppen eingeteilt. Näheres zeigt folgende Tabelle.

Tabelle 4

Einteilung der Altersgruppen

Alter zum Zeitpunkt der Radikulographie	Altersgruppe
20 – 29	1
30 - 39	2
40 – 49	3
50 – 59	4
60 – 69	5
70 – 79	6
80 – 89	7
90 – 99	8

Die Patientenakten enthielten außerdem das biologische Geschlecht, das Gewicht und die Größe der Patienten. Mit den Gewichts- und Größenangaben konnte der Body-Mass-Index (BMI) berechnet werden:

$$\text{BMI} = \text{Gewicht in kg} \div (\text{Körpergröße in m})^2$$

Die Patienten wurden anschließend unterschiedlichen Gewichtsklassen, gemäß den aktuellen Einteilungen der *World-Health-Organisation (WHO)*, zugeordnet. (42) Folgende Tabelle zeigt die Abstufungen des BMIs bei unterschiedlichen Gewichtsklassen.

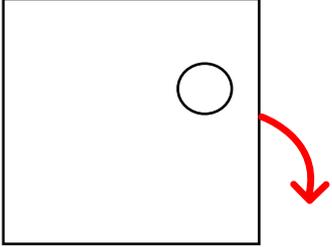
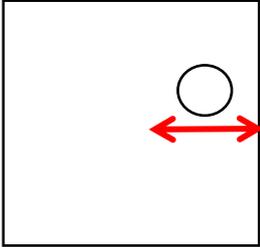
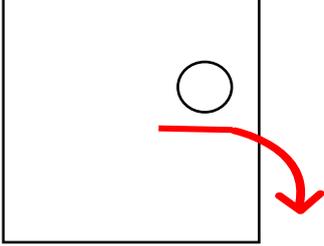
Tabelle 5

Abstufungen der Gewichtsklassen bei unterschiedlichen Werten des Body-Mass-Indexes

BMI in kg/m ²	Gewichtsklasse
< 18,50	Untergewicht
18,50 – 24,99	Normalgewicht
25,00 – 29,99	Präadipositas
30,00 – 34,99	Adipositas Grad 1
35,00 – 39,99	Adipositas Grad 2
> 40,00	Adipositas Grad 3

Tabelle 6

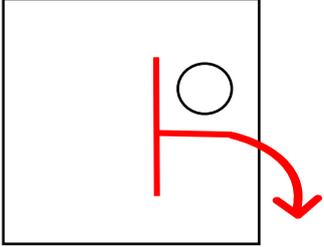
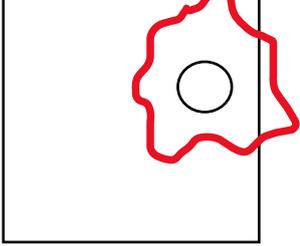
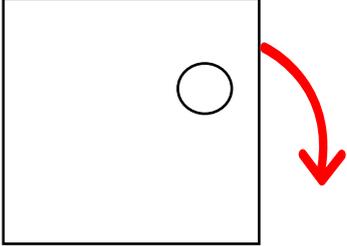
Schematische Darstellung der lumbalen Klassifikation

Schemazeichnung	Anmerkungen
	<p>Klassifikation Nr. 1_La: extraforaminal nerval</p> <p>Verteilung des Kontrastmittels nur entlang der austretenden Nervenwurzel</p>
	<p>Klassifikation Nr. 1_Lb: intraforaminal nerval</p> <p>Verteilung des Kontrastmittels nur im Neuroforamen</p>
	<p>Klassifikation Nr. 1_Lc: intraforaminal und extraforaminal nerval</p> <p>Verteilung des Kontrastmittels im Neuroforamen und entlang der austretenden Nervenwurzel</p>

Anmerkung: Das Rechteck stellt schematisch den Wirbelkörper dar. Der Kreis symbolisiert den Pedikel. In rot ist die jeweilige charakteristische Kontrastmittelverteilung vereinfacht dargestellt.

Fortsetzung Tabelle 6

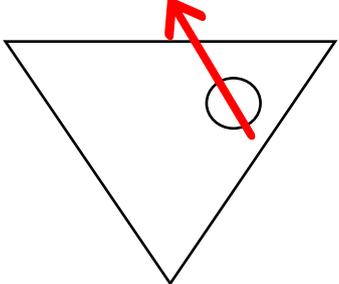
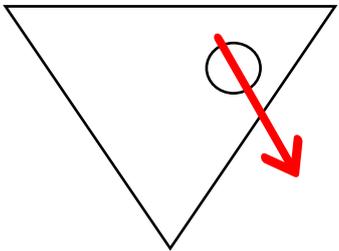
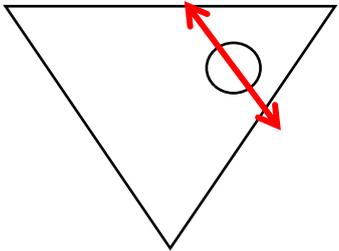
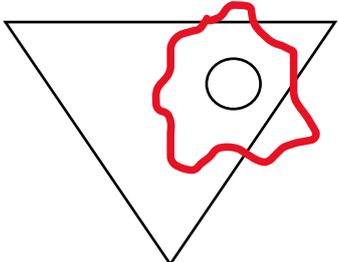
Schematische Darstellung der lumbalen Klassifikation

Schemazeichnung	Anmerkungen
	<p>Klassifikation Nr. 1_{Ld}: intraspinal, intraforaminal und extraforaminal nerval</p>
	<p>Verteilung des Kontrastmittels im Spinalkanal, im Neuroforamen und entlang der austretenden Nervenwurzel</p>
	<p>Klassifikation Nr. 2_{La}: „Plush“</p>
	<p>diffuse Verteilung des Kontrastmittels</p>
	<p>Klassifikation Nr. 2_{Lb}: extraforaminal muskulär</p>
	<p>Verteilung des Kontrastmittels entlang der Muskulatur</p>

Anmerkung: Das Rechteck stellt schematisch den Wirbelkörper dar. Der Kreis symbolisiert den Pedikel. In rot ist die jeweilige charakteristische Kontrastmittelverteilung vereinfacht dargestellt.

Fortsetzung Tabelle 6

Schematische Darstellung der sakralen Klassifikation

Schemazeichnung	Anmerkungen
	<p>Klassifikation Nr. 1sa: kranial nerval</p> <p>Verteilung des Kontrastmittels überwiegend nach kranial, entlang der Nervenwurzel</p>
	<p>Kontrastmittelverteilung Nr. 1sb: kaudal nerval</p> <p>Verteilung des Kontrastmittels überwiegend nach kaudal, entlang der Nervenwurzel</p>
	<p>Klassifikation Nr. 1sc: ausgewogen nerval</p> <p>ausgeglichene Verteilung des Kontrastmittels nach kranial und kaudal, entlang der Nervenwurzel</p>
	<p>Klassifikation Nr. 2s: „Plush“</p> <p>diffuse Verteilung des Kontrastmittels</p>

Anmerkung: Das Dreieck stellt schematisch das Os sacrum dar. Der Kreis symbolisiert das erste Wurzelloch. In rot ist die jeweilige charakteristische Kontrastmittelverteilung vereinfacht dargestellt.

Die 10 dargestellten Untergruppen der Kontrastmittelverteilung wurden, wie folgende Tabelle zeigt, in 4 Obergruppen zusammengefasst.

Tabelle 7

Gruppierung der Untergruppen zu Obergruppen

Untergruppen	Obergruppen
<i>1L a, 1L b, 1L c, 1L d</i>	<i>1L</i> : lumbale nervale Verteilung
<i>2L a, 2L b</i>	<i>2L</i> : lumbale extranervale Verteilung
<i>1s a, 1s b, 1s c</i>	<i>1s</i> : sakrale nervale Verteilung
<i>2s</i>	<i>2s</i> : sakrale extranervale Verteilung

Zwei erfahrene Wirbelsäulenchirurgen wandten die entwickelte Klassifikation der Kontrastmittelverteilung, unabhängig voneinander, auf die archivierten Röntgenbilder an.

3.3 Statistische Methoden

Die statistische Auswertung erfolgte mit dem Statistikprogramm *SPSS Version 25 für Microsoft Windows (SPSS Inc., Chicago, IL, USA)*. Alle Hypothesen wurden zweiseitig getestet. Das Signifikanzniveau wurde auf $p \leq .050$ festgelegt. Die statistische Testung erfolgte explorativ. Zur Überprüfung der Normalverteilung, als Voraussetzung von statistischen Testmethoden, wurde jeweils der Shapiro-Wilk-Test verwendet.

Die Stichprobe wurde anhand von soziodemografischen und statistikbezogenen Daten deskriptiv beschrieben (Häufigkeiten [*n*], Prozent [%], Median [*med*], Quartile [*Q1*, *Q3*], Mittelwert [*m*], Standardabweichung [*sd*]).

Um zu prüfen, ob sich die NRS Schmerzangaben für Nacken bei einer zervikalen Radikulographie beziehungsweise für Rücken und Bein bei einer lumbalen / sakralen Radikulographie vor und nach diesen Eingriffen unterschieden, wurde der Friedman-Test verwendet. Die ANOVA mit Messwiederholungen wurde zur Untersuchung, ob sich die Armschmerzen vor und nach der ersten zervikalen Radikulographie signifikant voneinander unterschieden, angewandt. Mithilfe des Mauchly-Tests wurde hier die Sphärizität geprüft.

Der Mann-Whitney-U-Test wurde verwendet, um zu analysieren, ob sich die Schmerzreduktionen bei der ersten lumbalen / sakralen Radikulographie von der nach einer zweiten lumbalen / sakralen Radikulographie unterschieden.

Der Kruskal-Wallis-H-Test wurde eingesetzt, um Unterschiede der Rücken- und Beinschmerzreduktion auf unterschiedlichen Injektionshöhen nach einer ersten lumbalen / sakralen Radikulographie zu prüfen.

Der Mann-Whitney-U-Test wurde verwendet, um Unterschiede der Rücken- und Beinschmerzreduktion bei lumbalen Radikulographien mit denen bei sakralen Eingriffen zu ermitteln. Der t-Test wurde bei erster zervikaler Radikulographie angewandt, um Unterschiede der Nacken- und Armschmerzreduktion auf verschiedenen Injektionshöhen zu analysieren. Hier wurde mittels Levene-Tests die Varianzgleichheit geprüft.

Die Interrater-Reliabilität der entwickelten Klassifikation der Kontrastmittelverteilung wurde mittels Cohen's Kappa Koeffizient ermittelt. Um Unterschiede in den Schmerzreduktionen nach lumbalen / sakralen Radikulographien bei verschiedenen Unter- und Obergruppen der Kontrastmittelverteilungen gemäß der entwickelten Klassifikation zu untersuchen, wurde der Kruskal-Wallis-H-Test angewandt.

Der Mann-Whitney-U-Test wurde verwendet, um zu vergleichen, ob Männer und Frauen unterschiedliche Rücken- bzw. Beinschmerzreduktionen nach der ersten lumbalen / sakralen Radikulographie empfanden.

Mithilfe des Kruskal-Wallis-H-Tests sollte untersucht werden, ob sich die verschiedenen Altersgruppen hinsichtlich ihrer Rücken- und Beinschmerzreduktionen nach einer ersten lumbalen / sakralen Radikulographie voneinander unterscheiden.

Ob sich Patienten mit unterschiedlichem Body-Mass-Index in ihren Rücken- und Beinschmerzreduktionen nach lumbalen / sakralen Radikulographien unterscheiden, wurde mittels Kruskal-Wallis-H-Test statistisch überprüft.

Die Rücken- und Beinschmerzreduktionen nach einer ersten lumbalen / sakralen Radikulographie der Patienten mit positivem memory pain wurden mithilfe des Mann-Whitney-U-Tests mit den Schmerzreduktionen derer, die keinen memory pain angaben, verglichen.

Der Mann-Whitney-U-Test wurde zum Vergleich der Rücken- und Beinschmerzreduktionen nach ersten lumbalen / sakralen Radikulographien bei Patienten mit und ohne zusätzlicher Epiduralinjektion eingesetzt.

Mithilfe des Mann-Whitney-U-Tests wurde untersucht, ob sich Patienten mit zusätzlicher Facetteninfiltration in ihrer Rücken- und Beinschmerzreduktion nach einer ersten lumbalen / sakralen Radikulographie von denen ohne zusätzliche Facetteninfiltration unterscheiden.

4. Ergebnisse

4.1 Stichprobenbeschreibung

In die Analyse wurden 358 Patienten eingeschlossen, die mindestens eine Radikulographie in den Jahren 2015 oder 2016, als Teil einer stationären multimodalen Schmerztherapie, im *Asklepios Klinikum Bad Abbach* erhielten. Das mediane Alter der Patienten lag bei 61 Jahren. Der Body-Mass-Index (BMI) lag im Median bei 28 kg/m². Die Patienten waren überwiegend weiblich (53%).

69 Patienten erhielten im beobachteten Zeitraum eine zweite und 3 Patienten eine dritte Radikulographie. Die in die Analyse eingeschlossenen 358 Patienten erhielten zusätzlich zu den 430 bei ihnen durchgeführten Radikulographien 93 Epidural- und 71 Facetteninfiltrationen. In 10 Fällen wurden neben der Radikulographie zusätzlich eine Epidural- und eine Facetteninfiltration innerhalb des Beobachtungszeitraumes durchgeführt.

Tabelle 8 zeigt nähere soziodemografische sowie statistische Daten.

Tabelle 8

Deskriptive Stichprobenbeschreibung

<i>N</i> = 358	<i>n</i>	%
Alter (<i>med</i> = 61, <i>Q1/Q3</i> = 52/72, <i>Range</i> = 23 - 92 Jahre)		
BMI (<i>med</i> = 28, <i>Q1/Q3</i> = 25/32, <i>Range</i> = 15 - 48 kg/m ²)		
Geschlecht		
weiblich	191	53
männlich	167	47
<i>N</i> = 430	<i>n</i>	%
Anzahl Radikulographien		
1	358	83
2	69	16
3	3	1
Zusätzliche Epiduralinjektion		
Ja	93	22
Nein	337	78
Zusätzliche Facetteninfiltration		
Ja	71	17
Nein	359	83

Anmerkung: Die Prozentangaben für die Anzahl der Radikulographien sowie zusätzliche Epidural- und Facetteninfiltrationen beziehen sich auf alle 430 Eingriffe (Fälle).

4.2 Wirksamkeit der ersten Radikulographie

4.2.1 Rückenschmerz

Folgende Tabelle zeigt die medianen Rückenschmerzen (*med*) und die Quartilsbereiche (*Q1* = 25% Quartil; *Q3* = 75% Quartil) vor und einen sowie zwei Tage nach lumbaler / sakraler Radikulographie.

Tabelle 9

NRS Rückenschmerzangaben

Rückenschmerzangaben	<i>Q1</i>	<i>med</i>	<i>Q3</i>
Rückenschmerz vor Radikulographie	3,25	5,00**	6,75
Rückenschmerz 1 Tag nach Radikulographie	2,00	3,75**	5,50
Rückenschmerz 2 Tage nach Radikulographie	2,00	3,50**	5,25

Der Friedman-Test zeigte einen signifikanten Unterschied beim medianen Rückenschmerz vor Radikulographie und einen und zwei Tage nach Injektion ($\chi^2(2) = 245,3$ $p < .001$ $n = 311$): Die Rückenschmerzangaben einen Tag nach Radikulographie unterschieden sich signifikant von denen vor Injektion ($p < .001$). Die Patienten empfanden einen Tag nach Radikulographie signifikant weniger Rückenschmerzen als vor Injektion. Die Rückenschmerzangaben zwei Tage nach Radikulographie unterschieden sich ebenfalls signifikant von denen vor Radikulographie ($p < .001$). Die Patienten empfanden auch zwei Tage nach der Radikulographie signifikant weniger Rückenschmerzen als vor Intervention.

Die Rückenschmerzangaben einen Tag nach Radikulographie unterschieden sich signifikant von denen zwei Tage nach Radikulographie ($p = .009$). Die Rückenschmerzen verbesserten sich vom ersten auf den zweiten postinterventionellen Tag signifikant.

4.2.2 Beinschmerz

Tabelle 10 präsentiert die medianen Beinschmerzangaben (*med*) und die Quartilsbereiche (*Q1* = 25% Quartil; *Q3* = 75% Quartil) vor und einen sowie zwei Tage nach lumbaler / sakraler Radikulographie.

Tabelle 10

NRS Beinschmerzangaben

Beinschmerzangaben	<i>Q1</i>	<i>med</i>	<i>Q3</i>
Beinschmerz vor Radikulographie	3,50	5,50**	7,00
Beinschmerz 1 Tag nach Radikulographie	2,25	4,00**	5,75
Beinschmerz 2 Tage nach Radikulographie	2,00	3,88**	5,50

Der Friedman-Test zeigte einen signifikanten Unterschied der Beinschmerzangaben vor Radikulographie und einen sowie zwei Tage nach Injektion ($\chi^2(2) = 285,7$ $p < .001$ $n = 316$): Die Beinschmerzangaben einen Tag nach Radikulographie unterschieden sich signifikant von denen vor Injektion ($p < .001$). Die Patienten empfanden einen Tag nach Radikulographie signifikant weniger Beinschmerzen als vor Intervention. Die Beinschmerzangaben zwei Tage nach Radikulographie unterschieden sich ebenfalls signifikant von denen vor Radikulographie ($p < .001$). Die Patienten empfanden zwei Tage nach Radikulographie signifikant weniger Rückenschmerzen als vor dieser. Die Beinschmerzangaben einen Tag nach Radikulographie unterschieden sich signifikant von denen zwei Tage nach Radikulographie ($p = .001$). Die Beinschmerzen verbesserten sich vom ersten auf den zweiten postinterventionellen Tag signifikant.

4.2.3 Nackenschmerz

Folgende Tabelle zeigt, bei Normalverteilung der Werte, die mittleren Nackenschmerzen (m) und die Standardabweichung (sd) vor und einen sowie zwei Tage nach zervikaler Radikulographie.

Tabelle 11

NRS Nackenschmerzangaben

Nackenschmerzangaben	m	sd
Nackenschmerz vor Radikulographie	4,95**	2,39
Nackenschmerz 1 Tag nach Radikulographie	3,60**	2,07
Nackenschmerz 2 Tage nach Radikulographie	3,78**	1,96

Laut Friedman-Test zeigten sich signifikante Unterschiede in den Nackenschmerzangaben vor Radikulographie und einen sowie zwei Tage nach Eingriff ($\chi^2(2) = 18,145$ $p < .001$ $n = 15$): Die Nackenschmerzangaben einen Tag nach Radikulographie unterschieden sich signifikant von denen vor Intervention ($p < .001$). Die Patienten empfanden einen Tag nach Radikulographie signifikant weniger Nackenschmerzen als vor Injektion. Die Nackenschmerzangaben zwei Tage nach Radikulographie unterschieden sich ebenfalls signifikant von denen vor Injektion ($p = .003$). Die Patienten empfanden zwei Tage nach Radikulographie signifikant weniger Nackenschmerzen als vor Injektion.

Die Nackenschmerzangaben einen Tag nach Radikulographie unterschieden sich nicht signifikant von denen zwei Tage nach Radikulographie ($p = .315$). Hier empfanden die Patienten einen nicht signifikanten Anstieg der Nackenschmerzen vom ersten auf den zweiten postinterventionellen Tag.

4.2.4 Armschmerz

Tabelle 12 präsentiert die medianen Armschmerzangaben (*med*) und die Quartilsbereiche (*Q1* = 25% Quartil; *Q3* = 75% Quartil) vor und einen sowie zwei Tage nach zervikaler Radikulographie.

Tabelle 12

NRS Armschmerzangaben

Armschmerzangaben	<i>Q1</i>	<i>med</i>	<i>Q3</i>
Armschmerz vor Radikulographie	4,06	6,00**	6,50
Armschmerz 1 Tag nach Radikulographie	2,25	4,06**	5,75
Armschmerz 2 Tage nach Radikulographie	3,25	4,88**	5,69

Die ANOVA mit Messwiederholungen (Sphärizität angenommen: Mauchly- $W(2) = .82$ $p = .264$) zeigt, dass sich die Armschmerzangaben vor zervikaler Radikulographie von denen einen und zwei Tage nach Injektion signifikant voneinander unterscheiden ($F(2,30) = 10.775$ $p < .001$, partielles $\eta^2 = .418$ $n = 16$): Die Patienten empfanden einen und zwei Tage nach zervikaler Radikulographie signifikant weniger Armschmerzen als vor Injektion. Die medianen Armschmerzen stiegen vom ersten auf den zweiten postinterventionellen Tag.

4.3 Wirksamkeit bei wiederholter Radikulographie

4.3.1 Rückenschmerz

Für diese Berechnungen wurde die Rückenschmerzreduktion einen Tag nach Radikulographie (NRS vor Radikulographie – NRS 1 Tag nach Radikulographie) und die Rückenschmerzreduktion zwei Tage nach Radikulographie (NRS vor Radikulographie – NRS 2 Tage nach Radikulographie) verwendet.

Folgende Tabelle zeigt die mediane Rückenschmerzreduktion (*med*) und die Quartilsbereiche ($Q1 = 25\%$ Quartil; $Q3 = 75\%$ Quartil) einen und zwei Tage nach erster und weiterer lumbaler / sakraler Radikulographie.

Tabelle 13

Rückenschmerzreduktion nach erster und weiterer Radikulographie

Anzahl Eingriffe	n	%	Rückenschmerzreduktion 1 Tag nach Radikulographie			n	%	Rückenschmerzreduktion 2 Tage nach Radikulographie		
			Q1	med	Q3			Q1	med	Q3
1	327	83,63	0,25	1,00*	2,00	311	86,63	0,50	1,25	2,25
2	61	15,60	-0,25	0,75*	1,38	46	12,81	0,00	1,25	2,00
3	3	0,77	0,25	2,17	-	2	0,56	-0,25	2,13	-

Anmerkung: Da nur wenige Patienten Rückenschmerzen für 3. Eingriffe angaben, konnte $Q3$ hier nicht berechnet werden.

Der Mann-Whitney-U-Test zeigte, dass sich die mediane Rückenschmerzreduktion einen Tag nach erster und weiterer Radikulographie signifikant unterschieden ($U(327/61) = 7652$ $p = .004$ $n = 388$). Die Rückenschmerzreduktion einen Tag nach ersten Injektionen war signifikant höher als einen Tag nach zweiter Radikulographie. Die Rückenschmerzreduktion zwei Tage nach Radikulographie unterschied sich nicht signifikant zwischen erster und weiterer Radikulographie ($U(311/46) = 6303$ $p = .192$ $n = 357$). Die medianen Rückenschmerzreduktion zwei Tage nach erster Radikulographie war vergleichbar hoch mit denen zwei Tage nach zweiter Radikulographie. Wegen einer zu geringen Anzahl an Patienten, die im Beobachtungszeitraum eine dritte Radikulographie erhielten, wurde diese in der statistischen Auswertung nicht berücksichtigt.

4.3.2 Beinschmerz

Für diese Berechnungen wurden die Beinschmerzreduktion einen Tag nach Radikulographie (NRS vor Radikulographien – NRS 1 Tag nach Radikulographien) und die Beinschmerzreduktion zwei Tage nach Radikulographie (NRS vor Radikulographien – NRS 2 Tage nach Radikulographien) verwendet.

Folgende Tabelle zeigt die mediane Beinschmerzreduktion (*med*) und die Quartilsbereiche ($Q1 = 25\%$ Quartil; $Q3 = 75\%$ Quartil) einen und zwei Tage nach erster und weiterer lumbaler / sakraler Radikulographie.

Tabelle 14

Beinschmerzreduktion nach erster und weiterer Radikulographie

Anzahl Eingriffe	n	%	Beinschmerzreduktion 1 Tag nach Radikulographie			n	%	Beinschmerzreduktion 2 Tage nach Radikulographie		
			<i>Q1</i>	<i>med</i>	<i>Q3</i>			<i>Q1</i>	<i>med</i>	<i>Q3</i>
1	332	83,00	0,25	1,00	2,00	317	86,14	0,50	1,50	2,25
2	65	16,25	0,13	0,75	1,71	49	13,32	0,46	1,50	2,25
3	3	0,75	0,00	0,50	-	2	0,54	-0,50	2,00	-

Anmerkung: Da nur wenige Patienten Beinschmerzen für 3. Eingriffe angaben, konnte $Q3$ hier nicht berechnet werden.

Laut Mann-Whitney-U-Test unterschied sich die mediane Beinschmerzreduktion einen ($U(332/65) = 9262$ $p = .070$ $n = 397$) und zwei Tage ($U(317/49) = 7588$ $p = .795$ $n = 366$) nach Injektion nicht signifikant zwischen erster und weiterer Radikulographie. Die mediane Beinschmerzreduktion nach erster Radikulographie war ähnlich hoch wie die Beinschmerzreduktion nach weiterer Radikulographie. Wegen einer zu geringen Anzahl an Patienten, die im Studienzeitraum eine dritte Radikulographie erhielten, wurden diese hier nicht berücksichtigt.

4.4 Schmerzreduktion auf unterschiedlichen Injektionshöhen

4.4.1 Rückenschmerz

Folgende Abbildung zeigt die medianen NRS Rückenschmerzangaben einen Tag vor sowie einen und zwei Tage nach lumbaler / sakraler Radikulographie auf unterschiedlichen Injektionshöhen.

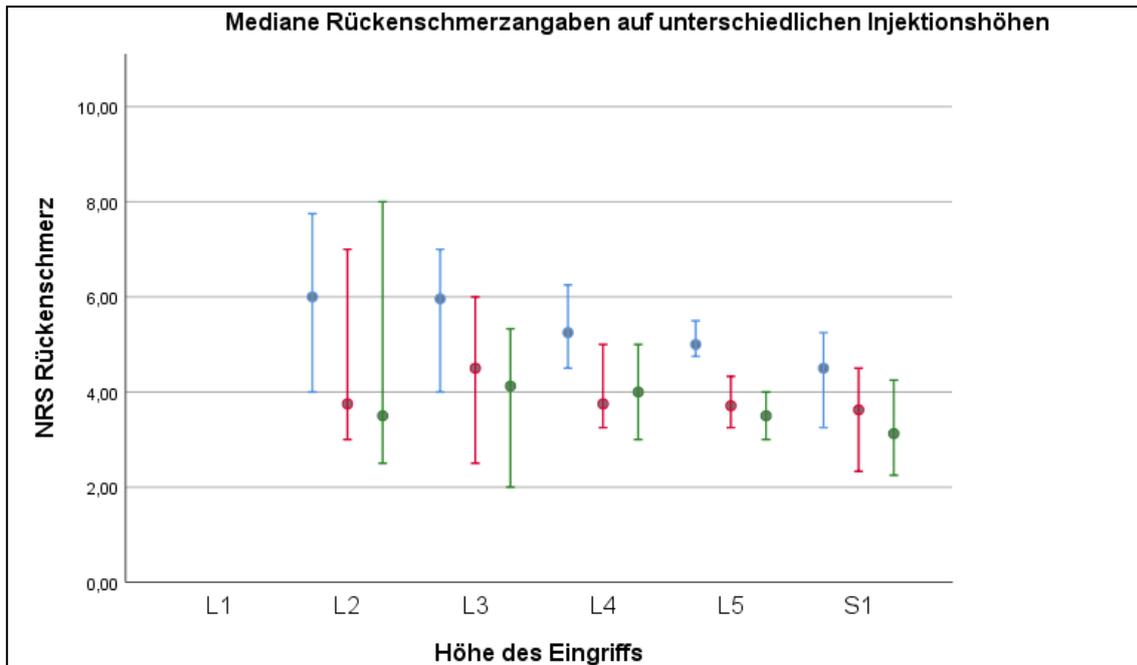


Abbildung 5: Rückenschmerzen auf unterschiedlichen Injektionshöhen. Es sind die medianen NRS Rückenschmerzangaben gegen die Injektionshöhen dargestellt. Die blauen Punkte symbolisieren die medianen Rückenschmerzen vor Radikulographie, die roten Punkte 1 Tag nach, und die grünen 2 Tage nach Injektion. Die Fehlerbalken um die Mediane zeigen das 95 % Konfidenzintervall.

Für diese Berechnungen wurden die Rückenschmerzreduktion einen Tag nach Radikulographie (NRS vor Radikulographie – NRS 1 Tag nach Radikulographie) und die Rückenschmerzreduktion zwei Tage nach Radikulographie (NRS vor Radikulographie – NRS 2 Tage nach Radikulographie) verwendet.

Folgende Tabelle zeigt die mediane Rückenschmerzreduktion (*med*) sowie die Quartilsbereiche (*Q1* = 25% Quartil; *Q3* = 75% Quartil) bei verschiedenen Injektionshöhen nach lumbaler / sakraler Radikulographie.

Tabelle 15

Lokalisation und Rückenschmerzreduktion der lumbalen / sakralen Radikulographien

Höhe	n	%	Rückenschmerzreduktion 1 Tag nach Radikulographie			n	%	Rückenschmerzreduktion 2 Tage nach Radikulographie		
			Q1	med	Q3			Q1	med	Q3
L2	5	1,53	0,79	1,25	1,75	5	1,61	0,38	1,75	2,38
L3	21	6,44	0,25	1,00	1,88	20	6,45	0,69	1,13	2,57
L4	62	19,02	0,15	0,75	2,06	59	19,03	0,25	0,75	2,00
L5	166	50,92	0,50	1,06	2,00	158	50,97	0,75	1,25	2,50
S1	72	22,09	0,00	0,59	1,50	68	21,94	0,00	1,00	2,00

Der Kruskal-Wallis-H-Test zeigte, dass sich die Rückenschmerzreduktion einen Tag ($H = 8,23$ $p = .083$ $n = 326$) und zwei Tage ($H = 9,38$ $p = .052$ $n = 310$) nach Radikulographie nicht signifikant zwischen den Wirbelkörperhöhen unterschieden. Die mediane Rückenschmerzreduktion war auf den unterschiedlichen Injektionshöhen statistisch ähnlich.

Der Mann-Whitney-U-Test zeigte, dass sich die Rückenschmerzreduktion einen Tag ($U (254/72) = 7362$ $p = .011$ $n = 326$) und zwei Tage ($U (242/68) = 6923$ $p = .045$ $n = 310$) nach den Radikulographie signifikant zwischen lumbalen (Wirbelkörper L2, L3, L4, L5) und sakralen (Wirbelkörper S1) Injektionen unterschied: Die Rückenschmerzreduktion einen Tag nach lumbaler Radikulographie ($med = 1,00$ $Q1 = 0,25$ $Q3 = 2,00$) war signifikant höher als einen Tag nach sakraler Radikulographie ($med = 0,59$ $Q1 = 0,00$ $Q3 = 1,50$).

Die Rückenschmerzreduktion zwei Tage nach lumbaler Radikulographie ($med = 1,25$ $Q1 = 0,50$ $Q3 = 2,25$) war ebenfalls signifikant höher als zwei Tage nach sakraler Radikulographie ($med = 1,00$ $Q1 = 0,00$ $Q3 = 2,00$).

4.4.2 Beinschmerz

Abbildung 6 zeigt die medianen NRS Beinschmerzangaben einen Tag vor sowie einen und zwei Tage nach lumbaler / sakraler Radikulographie auf unterschiedlichen Injektionshöhen.

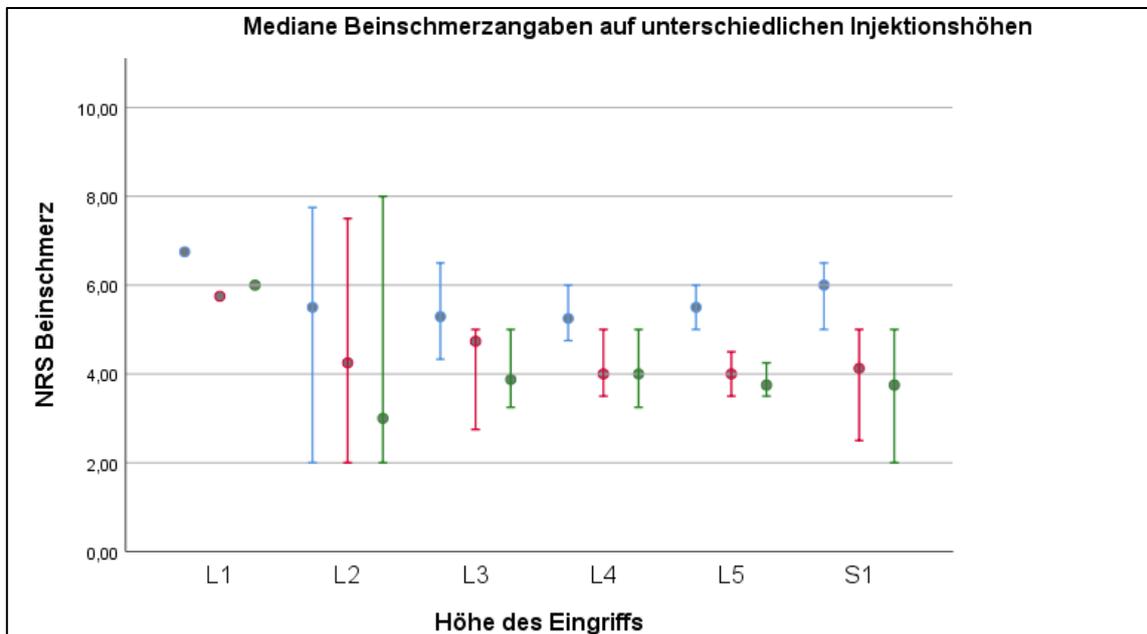


Abbildung 6: Beinschmerzen auf unterschiedlichen Injektionshöhen. Es sind die medianen NRS Beinschmerzangaben gegen die Injektionshöhen dargestellt. Die blauen Punkte symbolisieren die medianen Beinschmerzen vor Radikulographie, die roten Punkte 1 Tag nach, und die grünen 2 Tage nach Injektion. Die Fehlerbalken um die Mediane zeigen das 95 % Konfidenzintervall.

Anmerkung: Auf Höhe L1 wurde nur ein Beinschmerz angegeben. Aus diesem Grund wurden keine Fehlerbalken dargestellt.

Für diese Berechnungen wurden die Beinschmerzreduktion einen Tag nach Radikulographie (NRS vor Radikulographie – NRS 1 Tag nach Radikulographie) und die Beinschmerzreduktion zwei Tage nach Radikulographie (NRS vor Radikulographie – NRS 2 Tage nach Radikulographie) verwendet.

Folgende Tabelle zeigt die mediane Beinschmerzreduktion (*med*) sowie die Quartilsbereiche ($Q1 = 25\%$ Quartil; $Q3 = 75\%$ Quartil) bei verschiedenen Injektionshöhen nach lumbaler / sakraler Radikulographie.

Tabelle 16

Lokalisation und Beinschmerzreduktion der lumbalen / sakralen Radikulographien

Höhe	n	%	Beinschmerzreduktion 1 Tag nach Radikulographie			n	%	Beinschmerzreduktion 2 Tage nach Radikulographie		
			Q1	med	Q3			Q1	med	Q3
L1	1	0,30	-	-	-	1	0,32	-	-	-
L2	5	1,51	-0,38	0,50	1,13	5	1,58	-0,13	0,75	2,00
L3	21	6,34	0,50	1,20	1,59	20	6,33	0,62	1,50	2,19
L4	61	18,43	0,25	1,25	2,00	58	19,30	0,25	1,38	2,25
L5	167	50,45	0,00	1,00	2,00	160	50,63	0,50	1,29	2,31
S1	76	22,96	0,50	1,00	1,94	72	22,78	0,50	1,50	2,25

Anmerkung: Da auf Höhe L1 nur ein Beinschmerz angegeben wurde, konnte hier kein Median und Quartil berechnet werden.

Der Kruskal-Wallis-H-Test zeigte, dass sich die Beinschmerzreduktion einen Tag ($H = 2,7$ $p = .745$ $n = 331$) und zwei Tage ($H = 2,7$ $p = .745$ $n = 316$) nach Radikulographie nicht signifikant zwischen den Wirbelkörperhöhen unterschied. Die mediane Beinschmerzreduktion war auf unterschiedlichen Injektionshöhen statistisch ähnlich.

Der Mann-Whitney-U-Test zeigte, dass sich die Beinschmerzreduktion einen Tag ($U (255/76) = 9939$ $p = .733$ $n = 331$) und zwei Tage ($U (244/72) = 9489$ $p = .300$ $n = 316$) nach erster Radikulographie nicht signifikant zwischen lumbalen (Wirbelkörper L2, L3, L4, L5) und sakralen (Wirbelkörper S1) Injektionen unterschied: Die Beinschmerzreduktion einen Tag nach lumbaler Radikulographie ($med = 1,00$ $Q1 = 0,25$ $Q3 = 2,00$) war vergleichbar hoch mit der einen Tag nach sakraler Radikulographie ($med = 1,00$ $Q1 = 0,50$ $Q3 = 1,94$). Die Beinschmerzreduktion zwei Tage nach lumbaler Radikulographie ($med = 1,29$ $Q1 = 0,44$ $Q3 = 2,25$) war ebenfalls vergleichbar hoch mit der zwei Tage nach sakraler Radikulographie ($med = 1,50$ $Q1 = 0,50$ $Q3 = 2,25$).

4.4.3 Nackenschmerz

Folgende Abbildung zeigt, bei normalverteilten Werten, die mittleren NRS Nackenschmerzangaben einen Tag vor sowie einen und zwei Tage nach zervikaler Radikulographie auf unterschiedlichen Injektionshöhen.

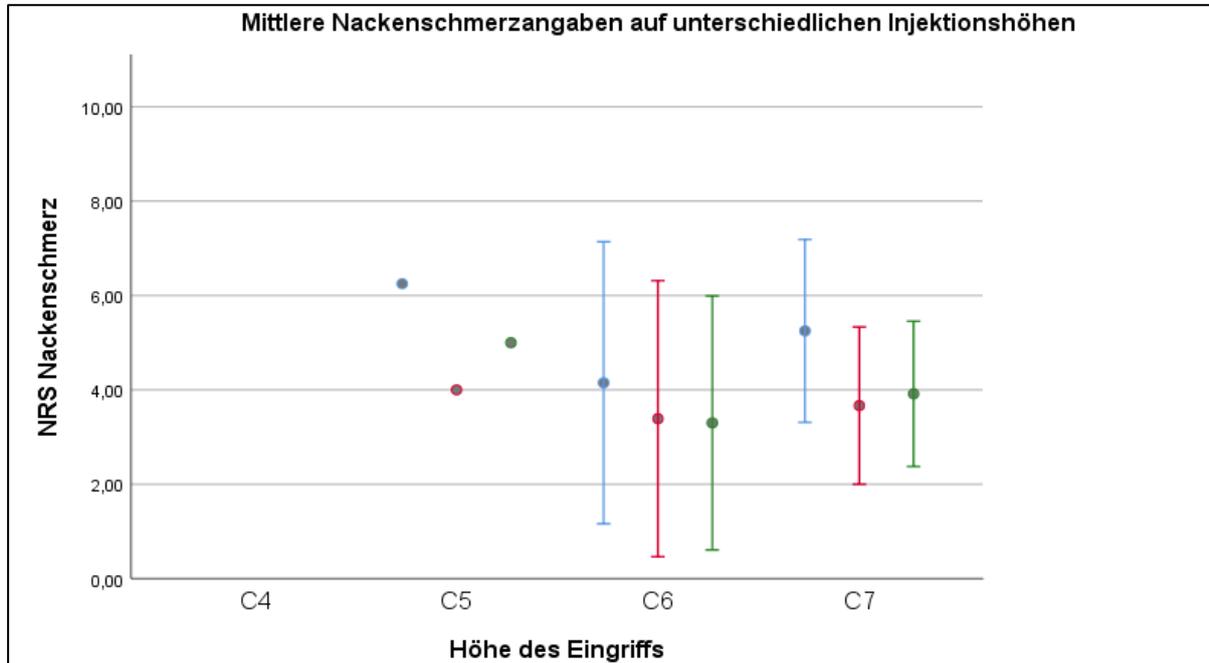


Abbildung 7: Nackenschmerzen auf unterschiedlichen Injektionshöhen. Es sind die mittleren NRS Nackenschmerzangaben gegen die Injektionshöhen dargestellt. Die blauen Punkte symbolisieren die mittleren Nackenschmerzen vor Radikulographie, die roten Punkte 1 Tag nach, und die grünen 2 Tage nach Injektion. Die Fehlerbalken um die Mittelwerte zeigen das 95% Konfidenzintervall.

Anmerkung: Auf Höhe C4 wurden die Nackenschmerzen nur einmal vor und 1 Tag nach der Radikulographie angegeben und deshalb nicht dargestellt. Auf Höhe C5 wurde nur ein Nackenschmerz angegeben. Aus diesem Grund wurden keine Fehlerbalken dargestellt.

Für diese Berechnungen wurden die Nackenschmerzreduktion einen Tag nach Radikulographie (NRS vor Radikulographie – NRS 1 Tag nach Radikulographie) und die Nackenschmerzreduktion zwei Tage nach den Radikulographie (NRS vor Radikulographie – NRS 2 Tage nach Radikulographie) verwendet.

Folgende Tabelle zeigt, bei normalverteilten Werten, die mittlere Nackenschmerzreduktion (m) sowie die Standardabweichung (sd) bei verschiedenen Injektionshöhen nach zervikaler Radikulographie.

Ergebnisse

Tabelle 17

Lokalisationen und Nackenschmerzreduktion der zervikalen Radikulographien

Höhe	n	%	Nackenschmerzreduktion 1 Tag nach Radikulographie		n	%	Nackenschmerzreduktion 2 Tage nach Radikulographie	
			<i>m</i>	<i>sd</i>			<i>m</i>	<i>sd</i>
C4	1	5,56	-	-	0	0,00	-	-
C5	1	5,56	-	-	1	6,67	-	-
C6	7	38,89	0,90	0,40	5	33,33	0,85	0,60
C7	9	50,00	1,58	0,93	9	60,00	1,33	1,98

Anmerkung: Da nur jeweils einmal Nackenschmerzen auf Höhe C4 und C5 angegeben wurden, konnten hier kein Mittelwert und keine Standardabweichung berechnet werden.

Der t-Test zeigte, dass sich die Nackenschmerzreduktion einen Tag ($t(11,395) = -1,97$ $p = .074$ $n = 16$) und zwei Tage ($t(12) = -0,524$ $p = .610$ $n = 14$) nach Radikulographie nicht signifikant auf unterschiedlichen zervikalen Injektionshöhen unterschied. Die mittlere Nackenschmerzreduktion war auf Wirbelhöhe C6 und C7 statistisch ähnlich. Die Wirbelhöhen C4 und C5 konnten hier, wegen zu geringer Anzahl, nicht berücksichtigt werden.

4.4.4 Armschmerz

Diese Abbildung zeigt, bei normalverteilten Werten, die mittleren NRS Armschmerzangaben einen Tag vor sowie einen und zwei Tage nach zervikaler Radikulographie auf unterschiedlichen Injektionshöhen.

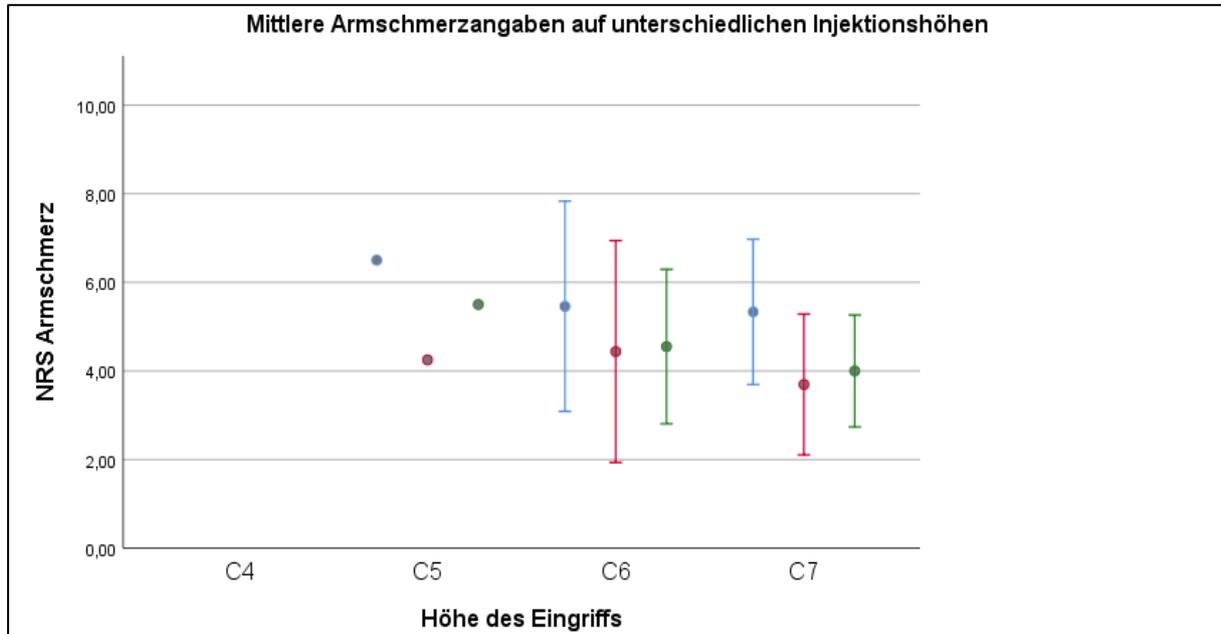


Abbildung 8: Armschmerzen auf unterschiedlichen Injektionshöhen. Es sind die mittleren NRS Armschmerzangaben gegen die Injektionshöhen dargestellt. Die blauen Punkte symbolisieren die mittleren Armschmerzen vor Radikulographie, die roten Punkte 1 Tag nach, und die grünen 2 Tage nach Injektion. Die Fehlerbalken um die Mittelwerte zeigen das 95% Konfidenzintervall.

Anmerkung: Auf Höhe C5 wurde nur ein Armschmerz angegeben. Aus diesem Grund wurden keine Fehlerbalken dargestellt.

Für diese Berechnungen wurden die Armschmerzreduktion einen Tag nach Radikulographie (NRS vor Radikulographie – NRS 1 Tag nach Radikulographie) und die Armschmerzreduktion zwei Tage nach Radikulographie (NRS vor Radikulographie – NRS 2 Tage nach Radikulographie) verwendet.

Folgende Tabelle zeigt, bei normalverteilten Werten, die mittlere Armschmerzreduktion (m) sowie die Standardabweichung (sd) bei verschiedenen Injektionshöhen nach zervikaler Radikulographie.

Tabelle 18

Lokalisationen und Armschmerzreduktion der zervikalen Radikulographien

Höhe	n	%	Armschmerzreduktion 1 Tag nach Radikulographie		n	%	Armschmerzreduktion 2 Tage nach Radikulographie	
			m	sd			m	sd
C5	1	5,56	-	-	1	6,25	-	-
C6	8	44,44	1,42	1,40	6	37,50	0,91	0,75
C7	9	50,00	1,64	1,28	9	56,25	1,33	2,04

Anmerkung: Da nur einmal Armschmerzen auf Höhe C5 angegeben wurden, konnten hier kein Mittelwert und keine Standardabweichung berechnet werden.

Der t-Test zeigte, dass sich die Armschmerzreduktion einen Tag ($t(15) = -0,335$ $p = .743$ $n = 17$) und zwei Tage ($t(10,824) = -0,57$ $p = .580$ $n = 15$) nach Radikulographie nicht signifikant auf unterschiedlichen zervikalen Injektionshöhen unterschied. Die mittlere Armschmerzreduktion war auf Wirbelhöhe C6 und C7 statistisch ähnlich. Da nur einmal Armschmerzen auf Höhe C5 angegeben wurden, konnte diese Wirbelhöhe nicht berücksichtigt werden.

4.5 Klassifikation für die Verteilung des Röntgenkontrastmittels

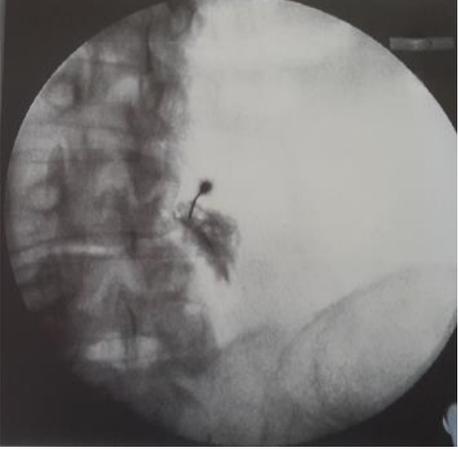
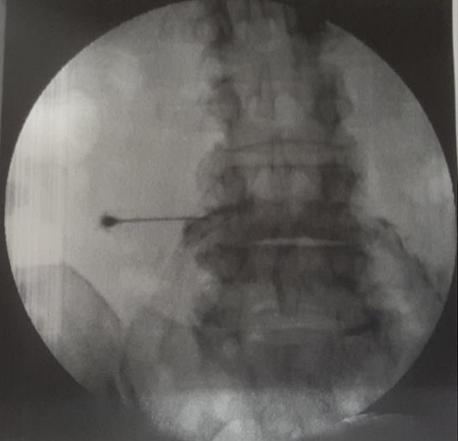
4.5.1 Darstellung der entwickelten Klassifikation

Bei 12 Patienten (3%) lag ein Verdacht auf Kontrastmittelunverträglichkeit, beziehungsweise eine diagnostizierte Kontrastmittelallergie vor. Diese Röntgenbilder sowie die fehlenden Röntgenbilder konnten nicht ausgewertet werden. Insgesamt konnten 376 Röntgenbilder der 430 in diese Studie eingeschlossenen Radikulographien analysiert werden.

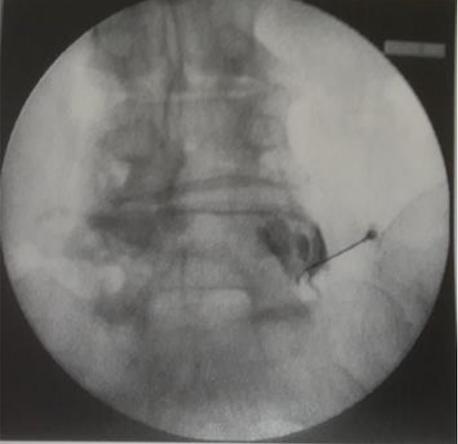
Bei der Durchsicht dieser Röntgenaufnahmen wurden zehn charakteristische Verteilungsmuster des Röntgenkontrastmittels und somit der injizierten Medikamente festgestellt. Die Verteilungsmuster *1L a* bis *1L d* beziehen sich auf eine nervale Verteilung des Kontrastmittels bei lumbalen Radikulographien (Obergruppe *1L*). Die Verteilungsmuster *2L a* und *2L b* (Obergruppe *2L*) beziehen sich auf eine diffuse, beziehungsweise extranervale, Verteilung des Kontrastmittels bei lumbalen Radikulographien. Die Verteilungsmuster *1S a* bis *1S c* (Obergruppe *1S*) beziehen sich auf eine nervale Verteilung des Kontrastmittels bei sakralen Radikulographien. Das Verteilungsmuster *2S a* (Obergruppe *2S*) bezieht sich auf eine diffuse Verteilung des Kontrastmittels bei sakralen Radikulographien. Näheres zeigt folgende Tabelle.

Tabelle 19

Klassifikation Kontrastmittelverteilung

Beispiel Röntgenbild	Anmerkungen
	<p>Klassifikation Nr. 1_{La}: extraforaminal nerval</p> <hr/> <p>Verteilung des Kontrastmittels nur entlang der austretenden Nervenwurzel</p>
	<p>Klassifikation Nr. 1_{Lb}: intraforaminal nerval</p> <hr/> <p>Verteilung des Kontrastmittels nur im Neuroforamen</p>
	<p>Klassifikation Nr. 1_{Lc}: intraforaminal und extraforaminal nerval</p> <hr/> <p>Verteilung des Kontrastmittels im Neuroforamen und entlang der austretenden Nervenwurzel</p>

Klassifikation Kontrastmittelverteilung

Beispiel Röntgenbild	Anmerkungen
	<p>Klassifikation Nr. 1_{Ld}: intraspinal, intraforaminal und extraforaminal nerval</p> <hr/> <p>Verteilung des Kontrastmittels im Spinalkanal, im Neuroforamen und entlang der austretenden Nervenwurzel</p>
	<p>Klassifikation Nr. 2_{La}: „Plush“</p> <hr/> <p>diffuse Verteilung des Kontrastmittels</p>
	<p>Klassifikation Nr. 2_{Lb}: extraforaminal muskulär</p> <hr/> <p>Verteilung des Kontrastmittels entlang der Muskulatur</p>

Ergebnisse

Fortsetzung Tabelle 19

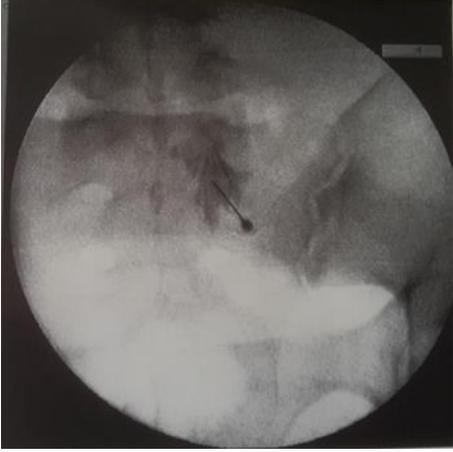
Klassifikation Kontrastmittelverteilung

Beispiel Röntgenbild	Anmerkungen
	<p>Klassifikation Nr. 1_{sa}: kranial nerval</p> <p>Verteilung des Kontrastmittels überwiegend nach kranial, entlang der Nervenwurzel</p>
	<p>Kontrastmittelverteilung Nr. 1_{sb}: kaudal nerval</p> <p>Verteil des Kontrastmittels überwiegend nach kaudal, entlang der Nervenwurzel</p>
	<p>Klassifikation Nr. 1_{sc}: ausgewogen nerval</p> <p>ausgeglichene Verteilung des Kontrastmittels nach kranial und kaudal, entlang der Nervenwurzel</p>

Ergebnisse

Fortsetzung Tabelle 19

Klassifikation Kontrastmittelverteilung

Beispiel Röntgenbild	Anmerkungen
	Klassifikation Nr. 2s: „Plush“
	diffuse Verteilung des Kontrastmittels

4.5.2 Anwendung der entwickelten Klassifikation

Um die praktische Anwendbarkeit der Klassifikation zu testen, werteten zwei erfahrene Wirbelsäulenchirurgen die Röntgenbilder der lumbalen / sakralen Radikulographien unabhängig voneinander aus. In 93 % der Fälle beurteilten sie die Verteilung des Kontrastmittels, gemäß der entwickelten Klassifikation, identisch. Der Cohen's Kappa Koeffizient zeigt eine hohe Interrater-Reliabilität der entwickelten Klassifikation ($\kappa = .895$ $p < .001$ $n = 276$). Ein Konsens über die Kontrastmittelverteilung konnte anschließend in allen Fällen getroffen werden. Mit dieser Konsensentscheidung wurden Unterschiede der Schmerzreduktion bei verschiedenen Kontrastmittelverteilungen untersucht. Folgende Tabelle präsentiert die Anwendung der Klassifikation auf die Röntgenkontrastmittelbilder der lumbalen / sakralen Radikulographien.

Tabelle 20

Anwendung der entwickelten Klassifikation

Klassifikation	Prüfer 1		Prüfer 2		Konsens	
	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%
<i>1L a</i>	29	10,51	31	11,23	29	10,51
<i>1L b</i>	7	2,53	6	2,17	5	1,81
<i>1L c</i>	24	8,70	24	8,70	25	9,06
<i>1L d</i>	47	17,03	45	16,30	48	17,39
<i>2L a</i>	58	21,01	61	22,10	59	21,38
<i>2L b</i>	52	18,84	50	18,12	52	18,84
<i>1s a</i>	19	6,88	18	6,52	19	6,88
<i>1s b</i>	10	3,62	8	2,90	9	3,26
<i>1s c</i>	11	3,99	14	5,07	12	4,35
<i>2s a</i>	19	6,88	19	6,88	18	6,52
ausgewertet	276		276		276	
fehlend	82		82		82	
gesamt	358		358		358	

4.5.3 Vergleich Schmerzreduktion bei unterschiedlicher Klassifikation

4.5.3.1 Rückenschmerz

Für diese Berechnungen wurden die Rückenschmerzreduktion einen Tag nach Radikulographie (NRS vor Radikulographie – NRS 1 Tag nach Radikulographie) und die Rückenschmerzreduktion zwei Tage nach den Radikulographie (NRS vor Radikulographie – NRS 2 Tage nach Radikulographie) betrachtet. Es wurde die Konsensentscheidung der beiden auswertenden Ärzte über die Kontrastmittelverteilung verwendet.

Folgendes Diagramm zeigt die mediane Rückenschmerzreduktion der Untergruppen der Kontrastmittelverteilung einen und zwei Tage nach lumbaler / sakraler Radikulographie.

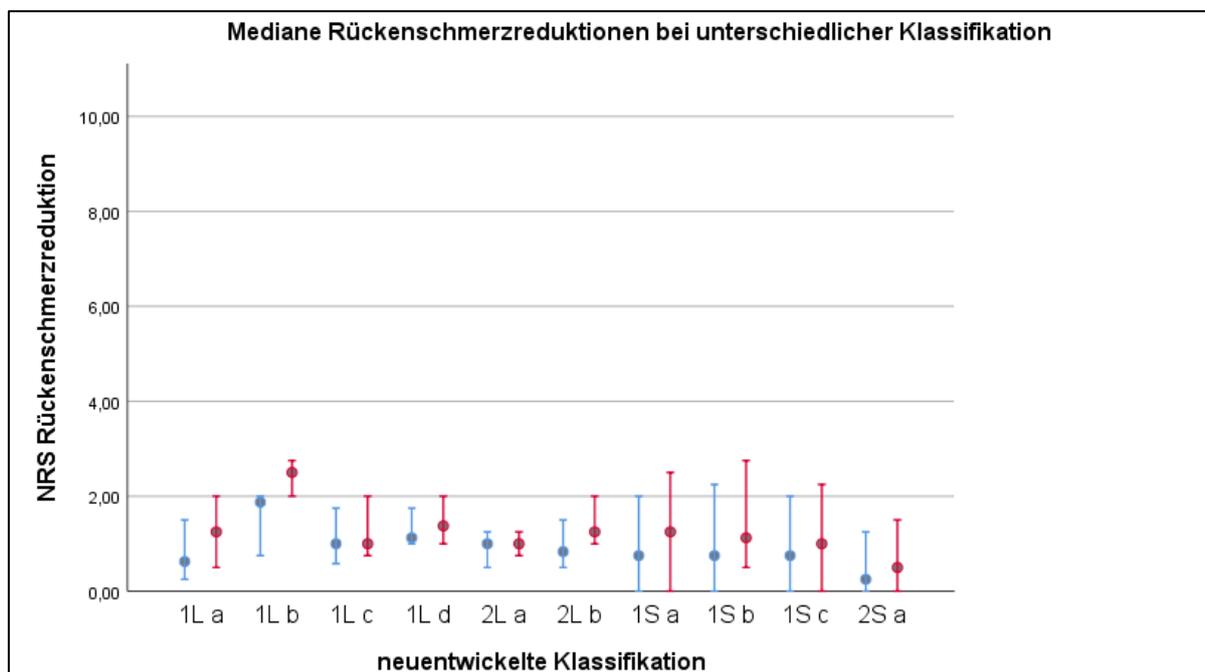


Abbildung 9: Rückenschmerzreduktion bei unterschiedlicher Kontrastmittelverteilung. Es ist die NRS Rückenschmerzreduktion gegen die Untergruppen der entwickelten Kontrastmittelverteilungsklassifikation dargestellt. Die blauen Punkte symbolisieren die mediane Rückenschmerzreduktion einen Tag nach Radikulographie (NRS vor Radikulographie – NRS 1 Tag nach Radikulographie). Die roten Punkte stellen die mediane Rückenschmerzreduktion zwei Tage nach Radikulographien (NRS vor Radikulographie – NRS 2 Tage nach Radikulographie) dar. Die Fehlerbalken um die Mediane zeigen das 95 % Konfidenzintervall.

Die genauen Werte der medianen Rückenschmerzreduktion (*med*) sowie die Quartilsbereiche (*Q1* = 25% Quartil; *Q3* = 75% Quartil) der Untergruppen zeigt folgende Tabelle.

Tabelle 21

Rückenschmerzreduktion bei Untergruppen der Klassifikation

Untergruppen Klassifikation	Rückenschmerzreduktion 1 Tag nach Radikulographie			Rückenschmerzreduktion 2 Tage nach Radikulographie		
	<i>Q1</i>	<i>med</i>	<i>Q3</i>	<i>Q1</i>	<i>med</i>	<i>Q3</i>
<i>1L a</i>	0,25	0,75	2,25	0,25	1,25	2,31
<i>1L b</i>	1,00	1,88	2,00	2,13	2,50	2,69
<i>1L c</i>	0,38	1,00	1,96	0,75	1,00	2,25
<i>1L d</i>	0,50	1,00	2,19	0,56	1,38	2,63
<i>2L a</i>	0,31	1,00	1,67	0,50	1,00	2,00
<i>2L b</i>	0,25	0,92	2,00	0,50	1,25	2,00
<i>1s a</i>	0,00	0,75	2,00	0,00	1,25	2,50
<i>1s b</i>	-0,50	0,50	1,25	0,69	1,25	2,19
<i>1s c</i>	0,25	1,00	1,50	-0,88	1,00	2,06
<i>2s a</i>	-0,56	0,25	1,25	-0,25	0,50	1,50

Der Kruskal-Wallis-H-Test zeigte, dass sich die Rückenschmerzreduktion einen Tag ($H = 13,85$ $p = .128$ $n = 265$) und zwei Tage ($H = 12,23$ $p = .200$ $n = 251$) nach Radikulographie nicht signifikant zwischen den zehn Untergruppen der Kontrastmittelverteilung unterschied. Die Rückenschmerzreduktion war statistisch ähnlich hoch bei den zehn Untergruppen der Klassifikation.

Folgende Tabelle gibt die mediane Rückenschmerzreduktion (*med*) sowie die Quartilsbereiche ($Q1 = 25\%$ Quartil; $Q3 = 75\%$ Quartil) der Obergruppen an.

Tabelle 22

Rückenschmerzreduktion bei Obergruppen der Klassifikation

Obergruppen Klassifikation	Rückenschmerzreduktion 1 Tag nach Radikulographie			Rückenschmerzreduktion 2 Tage nach Radikulographie		
	<i>Q1</i>	<i>med</i>	<i>Q3</i>	<i>Q1</i>	<i>med</i>	<i>Q3</i>
<i>1L</i>	0,50	1,00	2,00	0,50	1,25	2,50
<i>2L</i>	0,25	1,00	1,75	0,50	1,00	2,00
<i>1s</i>	0,09	0,75	1,63	0,00	1,25	2,25
<i>2s</i>	-0,56	0,25	1,25	-0,25	0,50	1,50

Ergebnisse

Die Obergruppen der Kontrastmittelverteilung unterschieden sich signifikant in ihrer Rückenschmerzreduktion einen Tag nach Radikulographie ($H = 9,96$ $p = .019$ $n = 265$). Die Obergruppe 2_S unterschied sich signifikant von der Gruppe 1_L ($p = .002$) und 2_L ($p = .014$). Die restlichen Obergruppen unterschieden sich nicht signifikant voneinander. Folgende Tabelle stellt die Teststatistik (H) und die Signifikanz (p) der Obergruppenvergleiche des Kruskal-Wallis-H-Tests dar.

Tabelle 23

Darstellung Testergebnisse für Obergruppen der Klassifikation

Vergleich Obergruppe	H	p
<i>2_S mit 1_S</i>	41,48	.070
<i>2_S mit 2_L</i>	50,43	.014
<i>2_S mit 1_L</i>	62,42	.002
<i>1_S mit 2_L</i>	8,95	.538
<i>1_S mit 1_L</i>	20,94	.154
<i>2_L mit 1_L</i>	11,99	.254

Die Obergruppen unterschieden sich nicht signifikant in ihrer Rückenschmerzreduktion zwei Tage nach Radikulographie. ($H = 6,04$ $p = .110$ $n = 251$). Die Rückenschmerzreduktion zwei Tage nach Radikulographie war bei den Obergruppen der Klassifikation ähnlich.

4.5.3.2 Beinschmerzen

Für diese Berechnungen wurden die Beinschmerzreduktion einen Tag nach Radikulographie (NRS vor Radikulographie – NRS 1 Tag nach Radikulographie) und die Beinschmerzreduktion zwei Tage nach Radikulographie (NRS vor Radikulographie – NRS 2 Tage nach Radikulographie) eingesetzt. Es wurde die Konsensentscheidung der beiden auswertenden Ärzte über die Kontrastmittelverteilung verwendet.

Folgende Grafik zeigt die mediane Beinschmerzreduktion der Untergruppen der Kontrastmittelverteilung einen und zwei Tage nach lumbaler / sakraler Radikulographie.

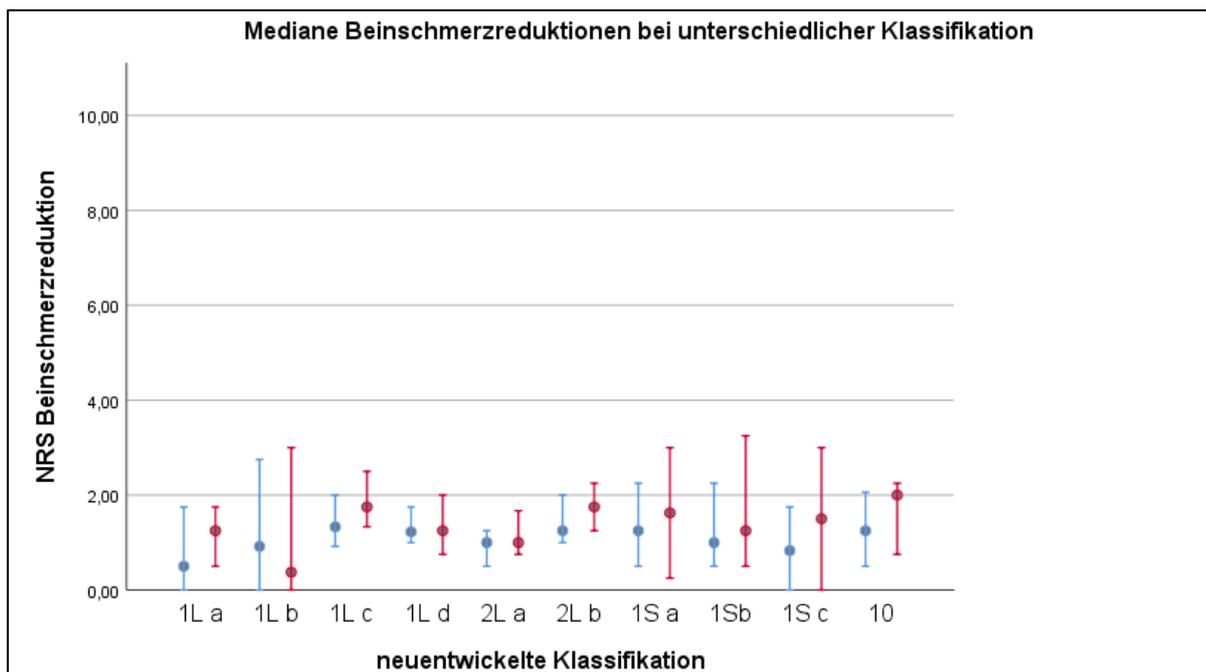


Abbildung 10: Beinschmerzreduktion bei unterschiedlicher Kontrastmittelverteilung. Es ist die NRS Beinschmerzreduktion gegen die Untergruppen der entwickelten Kontrastmittelverteilungsklassifikation dargestellt. Die blauen Punkte symbolisieren die mediane Beinschmerzreduktion einen Tag nach Radikulographie (NRS vor Radikulographien – NRS 1 Tag nach Radikulographien). Die roten Punkte stellen die mediane Beinschmerzreduktion zwei Tage nach Radikulographien (NRS vor Radikulographie – NRS 2 Tage nach Radikulographie) dar. Die Fehlerbalken um die Mediane zeigen das 95 % Konfidenzintervall.

Die genauen medianen Werte der Beinschmerzreduktion (*med*) sowie die Quartilsbereiche ($Q1 = 25\%$ Quartil; $Q3 = 75\%$ Quartil) der Untergruppen zeigt folgende Tabelle.

Tabelle 24

Beinschmerzreduktion bei Untergruppen der Klassifikation

Untergruppen Klassifikation	Beinschmerzreduktion 1 Tag nach Radikulographie			Beinschmerzreduktion 2 Tage nach Radikulographie		
	<i>Q1</i>	<i>med</i>	<i>Q3</i>	<i>Q1</i>	<i>med</i>	<i>Q3</i>
<i>1L a</i>	-0,19	0,50	2,19	0,25	1,25	1,75
<i>1L b</i>	-0,25	0,92	2,50	0,13	0,38	2,88
<i>1L c</i>	0,78	1,33	2,50	1,13	1,75	2,75
<i>1L d</i>	0,25	1,10	2,00	0,31	1,25	2,37
<i>2L a</i>	0,00	1,00	1,50	0,25	1,00	2,00
<i>2L b</i>	0,75	1,25	2,00	0,62	1,63	2,69
<i>1s a</i>	0,44	1,25	2,44	0,25	1,63	3,16
<i>1s b</i>	0,63	1,00	1,00	0,56	1,25	1,69
<i>1s c</i>	0,50	0,92	1,69	0,25	1,50	2,50
<i>2s a</i>	0,40	1,25	2,17	0,75	2,00	2,38

Der Kruskal-Wallis-H-Test zeigte, dass sich die Beinschmerzreduktion einen Tag ($H = 9,91$ $p = .358$ $n = 270$) und zwei Tage ($H = 11,157$ $p = .265$ $n = 257$) nach Radikulographie nicht signifikant zwischen den Untergruppen unterschied. Die Beinschmerzreduktion der Untergruppen war statistisch ähnlich.

Folgende Tabelle gibt die mediane Beinschmerzreduktion (*med*) und die Quartilsbereiche ($Q1 = 25\%$ Quartil; $Q3 = 75\%$ Quartil) der Obergruppen an.

Tabelle 25

Beinschmerzreduktion bei Obergruppen der Klassifikation

Obergruppen Klassifikation	Beinschmerzreduktion 1 Tag nach Radikulographie			Beinschmerzreduktion 2 Tage nach Radikulographie		
	<i>Q1</i>	<i>med</i>	<i>Q3</i>	<i>Q1</i>	<i>med</i>	<i>Q3</i>
<i>1L</i>	0,25	1,00	2,06	0,50	1,50	2,50
<i>2L</i>	0,25	1,00	1,75	0,29	1,25	2,25
<i>1s</i>	0,50	1,00	1,50	0,50	1,50	2,50
<i>2s</i>	0,40	1,25	2,17	0,75	2,00	3,38

Die Obergruppen der Kontrastmittelverteilung unterschieden sich nicht signifikant in ihrer Beinschmerzreduktion einen Tag ($H = 0,234$ $p = .972$ $n = 270$) und zwei Tage ($H = 2,127$ $p = .547$ $n = 257$) nach Radikulographie. Die mediane Beinschmerzreduktion der Obergruppen war statistisch ähnlich.

4.6 Vergleich Schmerzreduktion bei Männern und Frauen

4.6.1 Rückenschmerz

Für diese Berechnungen wurden die Rückenschmerzreduktion einen Tag nach Radikulographie (NRS vor Radikulographie – NRS 1 Tag nach Radikulographie) und die Rückenschmerzreduktion zwei Tage nach Radikulographie (NRS vor Radikulographie – NRS 2 Tage nach Radikulographie) verwendet.

Folgende Tabelle zeigt die mediane Rückenschmerzreduktion (*med*) sowie die Quartilsbereiche (*Q1* = 25% Quartil; *Q3* = 75% Quartil) nach erster Radikulographie bei Männern und Frauen.

Tabelle 26

Rückenschmerzreduktion bei Männern und Frauen

Geschlecht	<i>n</i>	%	Rückenschmerzreduktion 1 Tag nach Radikulographie			<i>n</i>	%	Rückenschmerzreduktion 2 Tage nach Radikulographie		
			<i>Q1</i>	<i>med</i>	<i>Q3</i>			<i>Q1</i>	<i>med</i>	<i>Q3</i>
männlich	147	44,95	0,25	0,75	1,75	138	44,37	0,25	1,00	2,00
weiblich	180	55,05	0,25	1,10	2,00	173	55,63	0,50	1,25	2,25

Der Mann-Whitney-U-Test zeigte, dass sich Männer und Frauen nicht signifikant in ihrer Rückenschmerzreduktion einen Tag ($U (147/180) = 14680$ $p = .088$ $n = 327$) und zwei Tage ($U (138/173) = 13183$ $p = .113$ $n = 311$) nach Radikulographie unterschieden. Beide Geschlechter gaben eine ähnlich hohe Rückenschmerzreduktion an.

4.6.2 Beinschmerz

Für diese Berechnungen wurden die Beinschmerzreduktion einen Tag nach Radikulographie (NRS vor Radikulographie – NRS 1 Tag nach Radikulographie) und die Beinschmerzreduktionen zwei Tage nach Radikulographie (NRS vor Radikulographie – NRS 2 Tage nach Radikulographie) verwendet.

Folgende Tabelle zeigt die mediane Beinschmerzreduktion (*med*) und die Quartilsbereiche (*Q1* = 25% Quartil; *Q3* = 75% Quartil) einen und zwei Tage nach erster Radikulographie bei Männern und Frauen.

Tabelle 27

Beinschmerzreduktion bei Männern und Frauen

Geschlecht	n	%	Beinschmerzreduktion 1 Tag nach Radikulographie			n	%	Beinschmerzreduktion 2 Tage nach Radikulographie		
			Q1	med	Q3			Q1	med	Q3
männlich	153	46,08	0,25	1,00	1,97	145	45,74	0,50	1,34	2,25
weiblich	179	53,92	0,42	1,20	2,00	172	54,26	0,50	1,50	2,50

Der Mann-Whitney-U-Test zeigte, dass sich Männer und Frauen nicht signifikant in ihrer Beinschmerzreduktion einen Tag ($U(153/179) = 14855$ $p = .182$ $n = 332$) und zwei Tage ($U(145/172) = 13241$ $p = .342$ $n = 317$) nach Radikulographie unterschieden. Beide Geschlechter gaben eine ähnlich hohe Beinschmerzreduktion an.

4.7 Vergleich Schmerzreduktion der Altersgruppen

4.7.1 Rückenschmerz

Für diese Berechnungen wurden die Rückenschmerzreduktion einen Tag nach Radikulographie (NRS vor Radikulographie – NRS 1 Tag nach Radikulographie) und die Rückenschmerzreduktion zwei Tage nach Radikulographie (NRS vor Radikulographie – NRS 2 Tage nach Radikulographie) verwendet.

Folgende Tabelle zeigt die mediane Rückenschmerzreduktion (*med*) und die Quartilsbereiche ($Q1 = 25\%$ Quartil; $Q3 = 75\%$ Quartil) nach erster lumbaler / sakraler Radikulographie in den Altersgruppen.

Tabelle 28

Rückenschmerzreduktion in den Altersgruppen

Altersgruppe	n	%	Rückenschmerzreduktion 1 Tag nach Radikulographie			n	%	Rückenschmerzreduktion 2 Tage nach Radikulographie		
			Q1	med	Q3			Q1	med	Q3
20 – 29	3	0,92	-1,50	-0,75	-	3	0,96	-1,00	-0,83	-
30 – 39	17	5,20	0,25	1,00	1,75	17	5,47	0,25	1,00	2,75
40 – 49	48	14,68	0,00	0,75	1,75	45	14,47	0,25	1,00	2,50
50 – 59	77	23,55	0,50	1,00	2,13	76	24,44	0,75	1,50	2,25
60 – 69	85	25,99	0,25	0,75	1,67	77	24,76	0,50	1,00	1,88
70 – 79	73	22,32	0,25	1,00	1,75	69	22,19	0,38	1,00	2,00
80 – 89	23	7,03	0,50	1,50	2,25	23	7,40	1,00	2,00	2,75
90 – 99	1	0,31	-	-	-	1	0,32	-	-	-

Anmerkung: Da nur 3 Patienten unter 30 waren und nur ein Patient über 90, konnten hier die Mediane und Quartile (teilweise) nicht berechnet werden.

Der Kruskal-Wallis-H-Test zeigte, dass sich die Altersgruppen nicht in ihrer Rückenschmerzreduktion einen Tag nach Radikulographie unterscheiden ($H = 13,175$ $p = .068$ $n = 327$). Die Rückenschmerzreduktion einen Tag nach Radikulographie war in den Altersgruppen statistisch ähnlich.

Einige Altersgruppen unterschieden sich in ihrer Rückenschmerzreduktion zwei Tage ($H = 16,476$ $p = .021$ $n = 311$) nach Radikulographie. Die signifikanten paarweisen Vergleiche des Kruskal-Wallis-H-Tests zeigt folgende Tabelle. Die anderen Altersgruppen unterschieden sich nicht signifikant in ihren Rückenschmerzreduktionen zwei Tage nach Radikulographie.

Tabelle 29

Ergebnis Kruskal-Wallis-H-Test der paarweisen, signifikanten Ergebnisse

Vergleich Altersgruppe	H	p
20 – 29 und 30 – 39	-138,08	.014
20 – 29 und 40 – 49	-134,63	.012
20 – 29 und 50 – 59	-149,02	.005
20 – 29 und 60 – 69	-119,90	.023
20 – 29 und 70 – 79	-124,87	.018
20 – 29 und 80 – 89	-160,99	.003

Die Altersgruppe der Patienten zwischen 20 und unter 29 Jahren unterschied sich signifikant in ihrer Rückenschmerzreduktion zwei Tage nach Radikulographie von allen anderen Altersgruppen. Bei den jüngeren Patienten war im Median eine Zunahme der Rückenschmerzen zwei Tage nach den Radikulographien feststellbar. Ältere Patienten sprachen hinsichtlich ihrer Rückenschmerzreduktion zwei Tage nach den Radikulographien besser auf diesen Eingriff an.

4.7.2 Beinschmerz

Für diese Berechnungen wurden die Beinschmerzreduktion einen Tag nach Radikulographie (NRS vor Radikulographie – NRS 1 Tag nach Radikulographie) und die Beinschmerzreduktion zwei Tage nach Radikulographie (NRS vor Radikulographie – NRS 2 Tage nach Radikulographie) verwendet.

Folgende Tabelle zeigt die mediane Beinschmerzreduktion (*med*) und die Quartilsbereiche (*Q1* = 25% Quartil; *Q3* = 75% Quartil) nach erster lumbaler / sakraler Radikulographie in den Altersgruppen.

Tabelle 30

Beinschmerzreduktion in den Altersgruppen

Altersgruppe	n	%	Beinschmerzreduktion 1 Tag nach Radikulographie			n	%	Beinschmerzreduktion 2 Tage nach Radikulographie		
			<i>Q1</i>	<i>med</i>	<i>Q3</i>			<i>Q1</i>	<i>med</i>	<i>Q3</i>
20 – 29	3	0,90	0,75	0,92	-	3	0,95	1,50	2,25	-
30 – 39	17	5,12	0,00	1,00	1,63	17	5,36	0,50	1,25	1,63
40 – 49	48	14,46	0,50	1,25	1,89	45	14,20	0,50	1,50	3,13
50 – 59	80	24,10	0,50	1,25	2,25	78	24,61	0,50	1,75	2,50
60 – 69	90	27,11	0,25	1,19	2,00	82	25,87	0,50	1,25	2,06
70 – 79	70	21,08	0,25	1,00	1,75	68	22,45	0,25	1,25	2,00
80 – 89	23	6,93	-0,42	1,00	2,25	23	7,26	0,00	1,75	2,25
90 – 99	1	0,30	-	-	-	1	0,32	-	-	-

Anmerkung: Da nur 3 Patienten unter 30 waren und nur ein Patient über 90, konnten hier die Mediane und Quartile (teilweise) nicht berechnet werden.

Der Kruskal-Wallis-H-Test zeigte, dass sich die verschiedenen Altersgruppen nicht signifikant in ihrer Beinschmerzreduktion einen ($H = 3,535$ $p = .832$ $n = 332$) und zwei Tage ($H = 7,672$ $p = .362$ $n = 317$) nach erster Radikulographie unterschieden. Die Beinschmerzreduktion war in den Altersgruppen ähnlich hoch.

4.8 Vergleich Schmerzreduktion bei unterschiedlichem BMI

4.8.1 Rückenschmerz

Für diese Berechnungen wurden die Rückenschmerzreduktionen einen Tag nach Radikulographie (NRS vor Radikulographie – NRS 1 Tag nach Radikulographie) und die Rückenschmerzreduktion zwei Tage nach Radikulographie (NRS vor Radikulographie – NRS 2 Tage nach Radikulographie) verwendet.

Folgende Tabelle präsentiert die mediane Rückenschmerzreduktion (*med*) und die Quartilsbereiche (*Q1* = 25% Quartil; *Q3* = 75% Quartil) bei unterschiedlichem Körpergewicht nach erster lumbaler / sakraler Radikulographie.

Tabelle 31

Rückenschmerzreduktion bei unterschiedlichem Körpergewicht

BMI in kg/m ²	<i>n</i>	%	Rückenschmerzreduktion 1 Tag nach Radikulographie			<i>n</i>	%	Rückenschmerzreduktion 2 Tage nach Radikulographie		
			<i>Q1</i>	<i>med</i>	<i>Q3</i>			<i>Q1</i>	<i>med</i>	<i>Q3</i>
< 18,50	2	0,72	0,25	0,29	-	2	0,74	0,50	0,63	-
18,50 – 24,99	65	23,13	0,25	1,00	2,25	62	23,05	0,50	1,38	2,25
25,00 – 29,99	106	37,72	0,25	1,00	1,75	99	36,80	0,50	1,00	2,25
30,00 – 34,99	77	27,40	0,25	1,13	1,96	75	27,88	0,50	1,25	2,25
35,00 – 39,99	21	7,47	0,38	1,00	1,75	21	7,81	0,44	1,25	2,00
> 40,00	10	3,56	0,31	1,25	2,06	10	3,72	0,25	0,75	3,38

Anmerkung: Da nur 2 Patienten einen BMI < 18,50 hatten, konnte hier *Q3* nicht berechnet werden.

Der Kruskal-Wallis-H-Test zeigte, dass sich die BMI-Gruppen nicht signifikant in ihrer Rückenschmerzreduktion einen Tag ($H = 1,814$ $p = .874$ $n = 281$) und zwei Tage ($H = 2,663$ $p = .752$ $n = 269$) nach Radikulographie unterschieden. Die Rückenschmerzreduktion der BMI-Gruppen war ähnlich hoch.

4.8.2 Beinschmerz

Für diese Berechnungen wurden die Beinschmerzreduktion einen Tag nach Radikulographie (NRS vor Radikulographie – NRS 1 Tag nach Radikulographie) und die Beinschmerzreduktion zwei Tage nach Radikulographie (NRS vor Radikulographie – NRS 2 Tage nach Radikulographie) verwendet.

Folgende Tabelle präsentiert die mediane Beinschmerzreduktion (*med*) und die Quartilsbereiche (*Q1* = 25% Quartil; *Q3* = 75% Quartil) bei unterschiedlichem Körpergewicht nach erster lumbaler / sakraler Radikulographien.

Tabelle 32

Beinschmerzreduktion bei unterschiedlichem Körpergewicht

BMI in kg/m ²	n	%	Beinschmerzreduktion 1 Tag nach Radikulographie			n	%	Beinschmerzreduktion 2 Tage nach Radikulographie		
			Q1	med	Q3			Q1	med	Q3
< 18,50	2	0,71	0,25	1,75	-	2	0,74	-0,25	1,00	-
18,50 – 24,99	63	22,42	0,78	1,25	2,30	62	22,96	1,00	1,75	3,00
25,00 – 29,99	106	37,72	0,25	1,15	2,00	98	36,30	0,50	1,50	2,28
30,00 – 34,99	79	28,11	0,00	1,00	1,50	77	28,52	0,25	1,17	2,13
35,00 – 39,99	21	7,47	0,00	1,00	1,50	21	7,78	0,00	1,25	2,00
> 40,00	10	3,56	-0,19	1,00	1,38	10	3,70	-0,37	0,75	1,56

Anmerkung: Da nur 2 Patienten einen BMI < 18,50 hatten, konnte hier Q3 nicht berechnet werden.

Der Kruskal-Wallis-H-Test zeigte, dass sich die verschiedenen BMI Gruppen nicht signifikant in ihrer Beinschmerzreduktion einen Tag ($H = 7,661$ $p = .176$ $n = 281$) und zwei Tage ($H = 10,784$ $p = .056$ $n = 270$) nach Radikulographie unterschieden. Die Beinschmerzreduktion der BMI-Gruppen war ähnlich hoch.

4.9 Vergleich Schmerzreduktion bei memory pain

4.9.1 Rückenschmerz

Verspürten die Patienten, wenn die Nadel, während der Radikulographie die Spinalnervenwurzel berührte, einen Schmerz entsprechend ihrer Schmerzsymptomatik, wurde dies als positiver memory pain angegeben. Entsprechend der empfundenen Schmerz nicht der Schmerzsymptomatik oder konnte kein Schmerz ausgelöst werden, wurde ein negativer memory pain dokumentiert.

Für diese Berechnungen wurden die Rückenschmerzreduktion einen Tag nach Radikulographie (NRS vor Radikulographie – NRS 1 Tag nach Radikulographie) und die Rückenschmerzreduktion zwei Tage nach Radikulographie (NRS vor Radikulographie – NRS 2 Tage nach Radikulographie) verwendet.

Folgende Tabelle zeigt die mediane Rückenschmerzreduktion (*med*) und die Quartilsbereiche ($Q1 = 25\%$ Quartil; $Q3 = 75\%$ Quartil) bei positivem und negativem memory pain nach erster lumbaler / sakraler Radikulographie.

Tabelle 33

Rückenschmerzreduktion bei positivem und negativem memory pain

memory pain	n	%	Rückenschmerzreduktion 1 Tag nach Radikulographie			n	%	Rückenschmerzreduktion 2 Tage nach Radikulographie		
			Q1	med	Q3			Q1	med	Q3
ja	205	81,35	0,25	1,00	1,75	196	82,70	0,50	1,00	2,25
nein	47	18,65	0,25	0,75	2,00	41	17,30	0,50	1,50	2,75

Der Mann-Whitney-U-Test zeigte, dass sich die Rückenschmerzreduktion einen Tag ($U(205/47) = 4657$ $p = .721$ $n = 252$) und zwei Tage ($U(196/41) = 3529$ $p = .219$ $n = 237$) nach Radikulographie nicht signifikant zwischen Patienten mit positivem und negativem memory pain unterschied. Patienten, die während der Injektion einen memory pain angaben, empfanden statistisch eine ähnliche Rückenschmerzreduktion wie Patienten, die keinen memory pain äußerten.

4.9.2 Beinschmerz

Für diese Berechnungen wurden die Beinschmerzreduktion einen Tag nach Radikulographie (NRS vor Radikulographie – NRS 1 Tag nach Radikulographie) und die Beinschmerzreduktion zwei Tage nach Radikulographie (NRS vor Radikulographie – NRS 2 Tage nach Radikulographie) verwendet.

Diese Tabelle zeigt die mediane Rückenschmerzreduktion (*med*) und die Quartilsbereiche ($Q1 = 25\%$ Quartil; $Q3 = 75\%$ Quartil) bei positivem und negativem memory pain nach erster lumbaler / sakraler Radikulographie.

Tabelle 34

Beinschmerzreduktion bei positivem und negativem memory pain

memory pain	n	%	Beinschmerzreduktion 1 Tag nach Radikulographie			n	%	Beinschmerzreduktion 2 Tage nach Radikulographie		
			Q1	med	Q3			Q1	med	Q3
ja	212	82,17	0,25	1,25	2,00	204	83,27	0,50	1,50	2,50
nein	46	17,83	0,50	1,00	1,63	41	16,73	0,31	1,25	2,42

Der Mann-Whitney-U-Test zeigte, dass sich die Beinschmerzreduktion einen Tag ($U(212/46) = 5330$ $p = .322$ $n = 258$) und zwei Tage ($U(204/41) = 4574$ $p = .343$ $n = 245$) nach Radikulographie nicht signifikant zwischen Patienten mit positivem und negativem memory pain unterschied. Patienten, die während des Eingriffes einen memory pain angaben, empfanden statistisch eine ähnliche Beinschmerzreduktion wie Patienten, die keinen memory pain äußerten.

4.10 Vergleich Schmerzreduktion bei zusätzlicher Epiduralinjektion

4.10.1 Rückenschmerz

Einige Patienten erhielten im Beobachtungszeitraum von vier Tagen (1 Tag vor Radikulographie, Tag der Radikulographie, 2 Tage nach Radikulographie) zusätzlich zur Radikulographie eine Epiduralinjektion.

Für diese Berechnungen wurden die Rückenschmerzreduktion einen Tag nach Radikulographie (NRS vor Radikulographie – NRS 1 Tag nach Radikulographie) und die Rückenschmerzreduktion zwei Tage nach den Radikulographie (NRS vor Radikulographie – NRS 2 Tage nach Radikulographie) verwendet.

Folgende Tabelle präsentiert die mediane Rückenschmerzreduktion (*med*) und die Quartilsbereiche (*Q1* = 25% Quartil; *Q3* = 75% Quartil) mit und ohne zusätzlicher Epiduralinjektion nach Radikulographie.

Tabelle 35

Rückenschmerzreduktion mit und ohne zusätzlicher Epiduralinjektion

Epidural- injektion	<i>n</i>	%	Rückenschmerzreduktion 1 Tag nach Radikulographie			<i>n</i>	%	Rückenschmerzreduktion 2 Tage nach Radikulographie		
			<i>Q1</i>	<i>med</i>	<i>Q3</i>			<i>Q1</i>	<i>med</i>	<i>Q3</i>
ja	63	19,27	0,15	0,75	2,00	62	19,94	0,50	1,25	2,31
nein	264	80,73	0,25	1,00	1,79	249	80,06	0,50	1,25	2,25

Der Mann-Whitney-U-Test zeigte, dass sich die Rückenschmerzreduktion einen Tag ($U(63/264) = 8611$ $p = .661$ $n = 327$) und zwei Tage ($U(196/41) = 3529$ $p = .219$ $n = 237$) nach Radikulographie nicht signifikant zwischen Patienten mit zusätzlicher und ohne zusätzlicher Epiduralinjektion unterschied. Erhielten Patienten zusätzlich zur Radikulographie eine Epiduralinjektion führte dies nicht zu einer höheren Rückenschmerzreduktion.

4.10.2 Beinschmerz

Für diese Berechnungen wurden die Beinschmerzreduktion einen Tag nach Radikulographie (NRS vor Radikulographie – NRS 1 Tag nach Radikulographie) und die Beinschmerzreduktion zwei Tage nach den Radikulographien (NRS vor Radikulographie – NRS 2 Tage nach Radikulographie) verwendet.

Folgende Tabelle präsentiert die mediane Beinschmerzreduktion (*med*) und die Quartilsbereiche (*Q1* = 25% Quartil; *Q3* = 75% Quartil) mit und ohne zusätzlicher Epiduralinjektion nach Radikulographie.

Tabelle 36

Beinschmerzreduktion mit und ohne zusätzlicher Epiduralinjektion

Epidural- injektion	n	%	Beinschmerzreduktion 1 Tag nach Radikulographie			n	%	Beinschmerzreduktion 2 Tage nach Radikulographie		
			Q1	med	Q3			Q1	med	Q3
ja	68	20,48	0,25	1,00	2,00	68	21,45	0,60	1,50	2,50
nein	264	79,52	0,25	1,00	2,00	249	78,55	0,46	1,50	2,25

Der Mann-Whitney-U-Test zeigte, dass sich die Beinschmerzreduktion einen Tag ($U(68/264) = 8756$ $p = .754$ $n = 332$) und zwei Tage ($U(68/249) = 7785$ $p = .308$ $n = 317$) nach Radikulographie nicht signifikant zwischen Patienten mit zusätzlicher und ohne zusätzlicher Epiduralinjektion unterschied. Erhielten Patienten zusätzlich zur Radikulographie eine Epiduralinjektion führte dies nicht zu einer höheren Beinschmerzreduktion.

4.11 Vergleich Schmerzreduktion bei zusätzlicher Facetteninfiltration

4.11.1 Rückenschmerz

Einige Patienten erhielten im Beobachtungszeitraum von 4 Tagen (1 Tag vor Radikulographie, Tag der Radikulographie, 2 Tage nach Radikulographie) zusätzlich zur Radikulographie eine Facetteninfiltration.

Für diese Berechnungen wurden die Rückenschmerzreduktion einen Tag nach Radikulographie (NRS vor Radikulographie – NRS 1 Tag nach Radikulographie) und die Rückenschmerzreduktion zwei Tage nach Radikulographie (NRS vor Radikulographie – NRS 2 Tage nach Radikulographie) verwendet.

Folgende Tabelle präsentiert die medianen Rückenschmerzreduktion (*med*) und die Quartilsbereiche ($Q1 = 25\%$ Quartil; $Q3 = 75\%$ Quartil) mit und ohne zusätzlicher Facetteninfiltration nach Radikulographie.

Tabelle 37

Rückenschmerzreduktion mit und ohne zusätzlicher Facetteninfiltration

Facetten- infiltration	n	%	Rückenschmerzreduktion 1 Tag nach Radikulographie			n	%	Rückenschmerzreduktion 2 Tage nach Radikulographie		
			Q1	med	Q3			Q1	med	Q3
ja	49	14,98	0,50	1,00	1,86	47	82,70	0,75	1,25	2,00
nein	278	85,02	0,25	1,00	2,00	264	17,30	0,50	1,08	2,25

Der Mann-Whitney-U-Test zeigte, dass sich die Rückenschmerzreduktion einen Tag ($U(49/278) = 6749$ $p = .919$ $n = 327$) und zwei Tage ($U(47/264) = 6049$ $p = .785$ $n = 311$) nach Radikulographie nicht signifikant zwischen Patienten mit und ohne zusätzlicher Facetteninfiltration unterschied. Erhielten Patienten zusätzlich zur Radikulographie eine Facetteninfiltration führte dies nicht zu einer höheren Rückenschmerzreduktion.

4.11.2 Beinschmerz

Für diese Berechnungen wurden die Beinschmerzreduktion einen Tag nach Radikulographie (NRS vor Radikulographie – NRS 1 Tag nach Radikulographie) und die Beinschmerzreduktion zwei Tage nach Radikulographie (NRS vor Radikulographie – NRS 2 Tage nach Radikulographie) verwendet.

Folgende Tabelle präsentiert die mediane Beinschmerzreduktion (*med*) und die Quartilsbereiche ($Q1 = 25\%$ Quartil; $Q3 = 75\%$ Quartil) mit und ohne zusätzlicher Facetteninfiltration nach Radikulographie.

Tabelle 38

Beinschmerzreduktion mit und ohne zusätzlicher Facetteninfiltration

Facetteninfiltration	n	%	Beinschmerzreduktion 1 Tag nach Radikulographie			n	%	Beinschmerzreduktion 2 Tage nach Radikulographie		
			Q1	med	Q3			Q1	med	Q3
ja	46	13,86	0,19	1,00	1,75	44	13,88	0,25	1,13	2,25
nein	286	86,14	0,25	1,00	2,00	273	86,12	0,50	1,50	2,25

Der Mann-Whitney-U-Test zeigte, dass sich die Beinschmerzreduktion einen Tag ($U(46/286) = 7029$ $p = .455$ $n = 332$) und zwei Tage ($U(44/273) = 6576$ $p = .312$ $n = 317$) nach Radikulographie nicht signifikant zwischen Patienten mit und ohne zusätzlicher Facetteninfiltration unterschied. Erhielten Patienten zusätzlich zur Radikulographie eine Facetteninfiltration führte dies nicht zu einer höheren Beinschmerzreduktion.

5. Diskussion

5.1 Diskussion Wirksamkeit der ersten Radikulographie

Mit dieser retrospektiven Studie konnte die Wirksamkeit der in den Jahren 2015 und 2016 bei vorliegendem Patientenkollektiv durchgeführten lumbalen / sakralen und zervikalen Radikulographien bestätigt werden.

Die in vorliegende Arbeit eingeschlossenen Patienten empfanden einen Tag ($p < .001$) und zwei Tage ($p < .001$) nach lumbaler / sakraler Radikulographie signifikant weniger Rückenschmerzen als vor Injektion. Die Rückenschmerzen verbesserten sich auch vom ersten auf den zweiten postinterventionellen Tag signifikant ($p = .009$).

Die Patienten gaben einen Tag ($p < .001$) und zwei Tage ($p < .001$) nach lumbaler / sakraler Radikulographie signifikant weniger Beinschmerzen als vor Injektion an. Die Beinschmerzen verbesserten sich auch vom ersten auf den zweiten postinterventionellen Tag signifikant ($p = .001$).

Die Patienten empfanden einen Tag ($p < .001$) und 2 Tage ($p = .003$) nach zervikaler Radikulographie signifikant weniger Nackenschmerzen als vor Injektion. Hier empfanden die Patienten keine weitere Nackenschmerzverbesserung vom ersten auf den zweiten postinterventionellen Tag ($p = .315$). Allerdings sollte beachtet werden, dass nur 15 Nackenschmerzangaben ausgewertet werden konnten. Die Nackenschmerzverbesserung durch zervikale Radikulographien sollte mit einem größeren Kollektiv bestätigt werden.

Die Patienten gaben signifikant weniger Armschmerzangaben einen Tag ($p < .001$) und zwei Tage ($p < .001$) nach zervikaler Radikulographie als vor Injektion an. Die Armschmerzen stiegen vom ersten auf den zweiten postinterventionellen Tag wieder an ($p < .001$). Da auch hier nur 16 Armschmerzangaben ausgewertet werden konnten, sollten vorliegende Ergebnisse mit einer größeren Fallzahl überprüft werden.

Die festgestellte signifikante Linderung der Rücken-, Bein-, Nacken- und Armschmerzen nach Radikulographie decken sich mit den Ergebnissen anderer Studien. (32) (22) (40) (41) (43) (44) So konnten beispielsweise Mallinson et al. eine signifikante Schmerzreduktion innerhalb der ersten Woche nach selektiven Spinalnervenwurzelblöcken feststellen: Etwa 70% der Patienten gaben eine Woche nach dem Eingriff eine Schmerzreduktion an. (36)

Analysiert wurden die Schmerzangaben einen Tag vor, sowie einen und zwei Tage nach Radikulographie gemäß der *Numerischen Rating Skala (NRS)*. Es sollte bedacht werden, dass es sich hierbei um eine subjektive Einschätzung der Schmerzwahrnehmung handelt.

Das Ziel der durchgeführten Radikulographien ist es, diese subjektiven Beschwerden zu lindern. Neben der Schmerzangabe mit Hilfe der *Numerischen Rating Skala (NRS)*, finden auch andere Schmerzangaben, beispielsweise die *Visuelle Analogskala (VAS)* Verwendung. (45) (46) Aus den Akten konnte entnommen werden, dass 35 Patienten (10 %) des Patientenkollektives an einem Diabetes mellitus Typ 1 oder Typ 2 litten. Allerdings konnte bei den restlichen Patienten nicht festgestellt werden, ob sie nicht an Diabetes erkrankt waren oder, ob nicht konsequent in den Akten dokumentiert, beziehungsweise die Diabeteserkrankung (noch) nicht diagnostiziert, wurde. Deshalb konnte dieser Störfaktor nicht berücksichtigt werden. Bei Patienten mit Nebendiagnose Diabetes wurde die bei Radikulographien eingesetzte Steroiddosis halbiert, um das Risiko einer Hyperglykämie zu mindern. (10) (12) Es lässt sich annehmen, dass die geringere Steroiddosis zu einer geringeren Schmerzreduktion führte. Zu diskutieren ist außerdem, ob Diabetiker aufgrund von Neuropathien schlechter auf Injektionen ansprechen. Ma et al. konnten jedoch zeigen, dass therapeutische transforaminalen zervikale epidurale Steroidinjektionen (TF-CESI) bei Patienten mit Typ 2 Diabetes zu einer vergleichbaren Schmerzreduktion wie bei Patienten ohne Diabetes führten. (47) Auch Ray et al. stellte fest, dass die in ihrer Studie durchgeführten zervikalen Nervenwurzelblöcke bei Diabetikern eine ähnlich gute Wirkung erzielten, wie bei nicht an Diabetes erkrankten Probanden. (48) Diabetespatienten gelten auch dahingehend als besonderes Patientenkollektiv, als dass bei ihnen auftretende Neuropathien klinisch ähnlich einer Spinalkanalstenose mit motorischen Schwächen imponieren können. Hier wäre dementsprechend insbesondere der diagnostische Wert von Radikulographien von Bedeutung. (49)

Psychische Erkrankungen der Probanden stellten keinen Schwerpunkt dieser Studie dar. Diese, insbesondere Depressionen, gelten jedoch als „yellow flags“, da sie zu einer Chronifizierung von Rückenschmerzen beitragen können. (13) (17) (50) (51) (52) (53) In vorliegende Studie wurden Patienten mit und ohne psychische Vorerkrankungen eingeschlossen.

Studien konnten zeigen, dass unterschiedliche injizierte Medikamente die Schmerzreduktionen der Patienten beeinflussen können. So zeigten beispielsweise Betroffene, die mit Triamcinolon behandelt wurden, eine signifikant bessere Schmerzreduktion einen Monat nach lumbalen transforaminalen epiduralen Injektionen als Patienten, die eine Dexamethason-Injektion erhielten. (54) (55) Einen Tag nach transforaminalen epiduralen Injektionen zeigte sich jedoch kein signifikanter Unterschied im Outcome zwischen Patienten, die mit einem partikulären (Triamcinolon), und denen, die mit einem nicht-partikulären Steroid (Dexamethason) behandelt wurden. (55)

Da in vorliegender Studie die akute Schmerzreduktion durch die Radikulographien interessierte, schienen die verwendeten Steroide weniger Einfluss auf das Outcome der Injektion genommen zu haben. Auch scheint die Medikamentenklasse des Lokalanästhetikums keinen Einfluss auf die Schmerzreduktion zu haben. (22)

Diese Arbeit betrachtete die Schmerzangaben ausschließlich in einem Beobachtungszeitraum von vier Tagen (1 Tag vor Radikulographie, Tag der Radikulographie, 2 Tage nach Radikulographie). In Zukunft sollten Langzeitstudien einen größeren Zeitraum abdecken. Da sich im Patientenkollektiv sowohl die Rücken-, als auch die Beinschmerzen der Probanden signifikant vom ersten auf den zweiten postinterventionellen Tag besserten, zeigt sich in dieser Studie bereits eine Tendenz, dass Patienten über einen längeren Zeitraum weiter von den durchgeführten Radikulographien profitieren könnten. Es lässt sich diskutieren, ob dies durch den verzögerten Wirkungseintritt der eingesetzten Steroide bedingt ist. (20)

Zu beachten gilt außerdem, dass die eingeschlossenen Probanden an unterschiedlichen Grunderkrankungen als Ursache ihrer Rücken- und Beinschmerzen, beziehungsweise Nacken- und Armschmerzen, litten. Transforaminale epiduralen Steroidinjektionen seien laut einer Studie von Lechmann et al. insbesondere bei Bandscheibenprotrusion mit Sequestration, Osteophyten, einer Grad drei Kompression der foraminalen Nervenwurzel und (extra-) foraminalen Bandscheibenvorfällen wirksam. (56) In dieser Arbeit standen die Schmerzen der Patienten, und nicht die zugrundeliegende Pathologie, im Vordergrund der Auswertung.

Des Weiteren gilt es zu beachten, dass die in dieser Studie ausgewerteten Radikulographien im Rahmen einer multimodalen Schmerztherapie angewandt wurden. Diese Arbeit konzentrierte sich ausschließlich auf die durch Injektionen erzielte Schmerzreduktion und nicht den Gesamterfolg der stationären Schmerztherapie.

Während der stationären Schmerztherapie wurden orale Schmerzmittel abgesetzt, um den Erfolg der Therapie evaluieren zu können. Deswegen ist bereits eine Stabilisierung der Schmerzen ohne zusätzliche orale Schmerzmedikation als Therapieerfolg zu werten. Über die alleinige Schmerzreduktion hinaus, ist auch ein Funktionsgewinn als Therapieerfolg anzusehen. (57)

5.2 Diskussion Wirksamkeit bei wiederholter Radikulographie

Untersucht wurde, ob erste und weitere Radikulographien zu einer ähnlichen Schmerzreduktion führten. Hierfür wurden die Schmerzangaben jener Patienten analysiert, die im Beobachtungszeitraum (1 Tag vor Radikulographie, Tag der Radikulographie, 2 Tage nach Radikulographie) zwei lumbale / sakrale Radikulographien erhielten.

Die Rückenschmerzreduktion einen Tag nach erster Radikulographie war signifikant besser als einen Tag nach zweiter Radikulographie ($p = .004$). Die Rückenschmerzreduktion zwei Tage nach Radikulographie unterschieden sich jedoch nicht signifikant zwischen erster und weiterer Injektion ($p = .192$). Die mediane Rückenschmerzreduktion zwei Tage nach erster Radikulographie waren vergleichbar hoch mit derer zwei Tage nach weiterer Radikulographie. Die Beinschmerzreduktion einen Tag ($p = .070$) und zwei Tage ($p = .795$) unterschied sich nicht signifikant zwischen erster und weiterer Radikulographie. Die mediane Beinschmerzreduktion nach erster Radikulographie war ähnlich hoch wie die Beinschmerzreduktion nach weiterer Radikulographie.

Insbesondere Patienten mit starken Rücken- und / oder Beinschmerzen erhielten eine weitere Radikulographie. Sie profitierten ähnlich vom zweiten Eingriff wie von der ersten Radikulographie. Um den Gesamterfolg der stationären Schmerztherapie zu verbessern, sind bei starken Beschwerden somit weitere Injektionen sinnvoll.

5.3 Diskussion Schmerzreduktion auf unterschiedlichen Injektionshöhen

Insbesondere der zervikothorakale und lumbosakrale Übergang sind Prädilektionsstellen für Wirbelsäulenerkrankungen, meist Bandscheibenvorfälle. Die Bandscheibe L5/S1 ist, wegen dem nach ventral geneigtem Kreuzbein (Os sacrum), neben Druck- auch Scherkräften ausgesetzt. (1) (58) 70% aller Wirbelsäulenbeschwerden treten im Bereich der Lendenwirbelsäule auf. (2) Hier sind vor allem die Spinalnervenwurzeln L4 bis S1 betroffen. (2) (59) (60) (61) (62) Dies deckt sich mit der Verteilung der Wirbelsäulenhöhen im untersuchten Patientenkollektiv, bei dem in etwa 50% der Radikulographien im unteren Wirbelsäulenabschnitt die Nervenwurzel L5 behandelt wurde.

Die Rückenschmerzreduktion einen Tag ($p = .083$) und zwei Tage ($p = .052$) nach lumbaler / sakraler Radikulographie unterschied sich nicht signifikant auf einzelnen Wirbelhöhen.

Die mediane Rückenschmerzreduktion war auf den einzelnen Injektionshöhen statistisch ähnlich. Die Rückenschmerzreduktion einen Tag ($p = .011$) und zwei Tage ($p = .045$) nach Radikulographie unterschied sich jedoch signifikant zwischen lumbalen (Wirbelkörper L2, L3, L4, L5) und sakralen (Wirbelkörper S1) Injektionen. Die Rückenschmerzreduktion einen Tag nach lumbaler Radikulographie war signifikant höher als einen Tag nach sakraler Radikulographie. Die Schmerzreduktion zwei Tage nach lumbaler Radikulographie war ebenfalls signifikant höher als zwei Tage nach sakraler Radikulographie. Dieses Ergebnis lässt sich damit begründen, dass die Injektionstechnik bei sakraler Radikulographie komplizierter ist: Hier wurden das erste Wurzelloch (Foramen sacrale) als Zugang gewählt, und nach Kontrolle der Nadelposition und der Verabreichung von Kontrastmittel, Lokalanästhetikum mit Kortisonzusatz gespritzt. (10) Zudem zeigt der erste Sakralnerv anatomisch eine große Variabilität in seiner Austrittshöhe und Abstand zum Kreuzbein (Os sacrum). (63) Es lässt sich somit diskutieren, ob dieser Nerv, während der Injektion schlechter lokalisiert und damit schlechter analgesiert werden kann.

Die Beinschmerzreduktion unterschied sich einen Tag ($p = .745$) und zwei Tage ($p = .745$) nach lumbaler / sakraler Radikulographie nicht signifikant auf einzelnen Wirbelhöhen. Die mediane Beinschmerzreduktion war auf einzelnen Injektionshöhen statistisch ähnlich. Die Beinschmerzreduktion unterschieden sich einen Tag ($p = .733$) und zwei Tage ($p = .300$) nach Radikulographie nicht signifikant zwischen lumbalen (Wirbelkörper L2, L3, L4, L5) und sakralen (Wirbelkörper S1) Injektionen: Die Beinschmerzreduktion einen Tag nach lumbaler Radikulographie war vergleichbar hoch mit denen einen Tag nach sakraler Radikulographie. Die Beinschmerzreduktion zwei Tage nach lumbaler Radikulographie war ebenfalls vergleichbar hoch mit denen zwei Tage nach sakraler Radikulographie. Hier entspricht das Ergebnis vorliegender Studie nicht der signifikant größeren Rückenschmerzreduktion bei lumbalen Radikulographien.

An der Halswirbelsäule sind insbesondere die Höhen C5 bis C7 von Degenerationen betroffen. (61) Auch im in vorliegender Arbeit untersuchtem Patientenkollektiv wurden überwiegend Spinalnerven der Höhen C6 und C7 behandelt.

Die Nackenschmerzreduktion unterschied sich einen Tag ($p = .074$) und 2 Tage ($p = .610$) nach Radikulographie nicht signifikant auf unterschiedlichen zervikalen Injektionshöhen. Die mittlere Nackenschmerzreduktion war auf Wirbelhöhe C6 und C7 statistisch ähnlich. Die Wirbelhöhen C4 und C5 konnten hier, wegen zu geringer Anzahl, nicht berücksichtigt werden. Die Armschmerzreduktion unterschied sich einen Tag ($p = .743$) und zwei Tage ($p = .580$) nach Radikulographie nicht signifikant auf unterschiedlichen Injektionshöhen.

Die mediane Armschmerzreduktion war auf Wirbelhöhe C6 und C7 statistisch ähnlich. Da nur ein Patient Armschmerzen auf Höhe C5 angab, konnte diese Wirbelhöhe nicht berücksichtigt werden.

Da die Brustwirbelsäule wenig beweglich ist, treten Schmerzen und Bandscheibenvorfälle hier selten auf. Stattdessen können Blockierungen der Facettengelenke (Articulationes zygapophysiales) oder der Rippengelenke (Articulationes costotransversaria) zu gürtelförmigen Schmerzen, häufig mit ausgeprägter lokaler Druckempfindlichkeit, führen. (2) Thorakale Injektionen wurden, wegen ihrer Seltenheit, in dieser Studie nicht untersucht.

Radikulographien sollten auf unterschiedlichen Wirbelhöhen, bei fachgerechter und geübter Anwendung, gleiche Schmerzreduktionen bewirken. Dies konnte vorliegende Arbeit bestätigen. Die Ergebnisse decken sich mit der Studie von Mallinson et al., die ebenfalls keinen statistisch signifikanten Unterschied der Schmerzreduktion auf unterschiedlichen Wirbelsäulenhöhen feststellte. (36)

Bei den in dieser Arbeit untersuchten Radikulographien wurden jeweils 0,5 – 1 ml Kontrastmittel und anschließend 1 ml Ropivacain 0,2 % und 10 mg Triamcinolon bei zervikalen und 2 ml Lokalanästhetikum mit 20 mg Triamcinolon bei lumbalen Radikulographien gespritzt. Studien zeigen, dass bereits ab einem Injektionsvolumen von 0,2 ml mehr als ein ipsilaterales Segment betäubt wird und somit nicht mehr von einer selektiven Spinalnervenwurzelblockade ausgegangen werden kann. (64) (65) (66)

So konnten Vassiliev et al zeigen, dass sich selektive L4 Nervenwurzelblöcke in 46% auch auf Wirbelsäulenhöhe L5 verteilten. L5 Nervenblöcke breiteten sich in 58% auch auf Höhe S1 aus. Eine Ausbreitung zur Nervenwurzel unterhalb der gewünschten Höhe war in der Studie von Vassiliev et al. signifikant wahrscheinlicher als zur Nervenwurzel oberhalb der Zielhöhe. (67)

In einer Studie von Makkar et al. verteilte sich das Röntgenkontrastmittel bei größeren Injektionsvolumina überwiegend ins superiore Segment über der Zielregion. Auch kontralaterale Ausbreitungen traten auf. (64) Dies schränkt den diagnostischen Wert der Radikulographie ein. (65) Da in vorliegender Arbeit aber die akute Schmerzreduktion, also der therapeutische Nutzen dieses Eingriffes, interessierte, stellte eine selektive Nervenwurzelblockade kein unbedingtes Einschlusskriterium dar.

5.4 Diskussion Klassifikation für die Verteilung des Röntgenkontrastmittels

Unter der Annahme, dass eine nervale Verteilung des Röntgenkontrastmittels und somit der injizierten Medikamente zu einer höheren Schmerzreduktion als eine extranervale, diffuse oder muskuläre Kontrastmittellokalisierung führte, wurde eine Klassifikation entwickelt.

Zwei erfahrende Wirbelsäulenchirurgen werteten die Röntgenbilder der Radikulographien, gemäß der entwickelten Klassifikation, unabhängig voneinander aus. In 93% der Fälle gaben beide Ärzte dieselbe Verteilung des Kontrastmittels an. Der Cohen's Kappa Koeffizient zeigt eine hohe Interrater-Reliabilität der Klassifikation ($\kappa = .895$ $p < .001$ $n = 276$).

Die Ergebnisse dieser Studie stützten die Alternativhypothese nicht. Es wurde die Nullhypothese als wahr angenommen:

Nullhypothese H_0 : Die Schmerzreduktionen unterscheiden sich nicht bei verschiedenen Verteilungen des Röntgenkontrastmittels, gemäß der entwickelten Klassifikation.

Die Rückenschmerzreduktion unterschied sich einen Tag ($p = .128$) und zwei Tage ($p = .200$) nach Radikulographie nicht signifikant zwischen den Untergruppen der Klassifikation. Die mediane Rückenschmerzreduktion der Untergruppen war statistisch ähnlich hoch. Allerdings unterschied sich die Patientenzahl in den Untergruppen zum Teil deutlich. Die durchgeführten statistischen Tests zeigten eine tendenziell höhere Rückenschmerzreduktion bei der Untergruppe $I_L b$ (intraforaminal nervale Kontrastmittelverteilung auf lumbaler Höhe). Mit einem größeren Patientenkollektiv sollte in Zukunft weiter erörtert werden, ob eine intraforaminale nervale Kontrastmittelverteilung zu einer statistisch signifikanten und klinisch relevant höheren Rückenschmerzreduktion führt.

Die Obergruppen der Kontrastmittelverteilung unterschieden sich signifikant in ihrer Rückenschmerzreduktion einen Tag nach Radikulographie. ($p = .019$). Die Obergruppe 2_S zeigte signifikant weniger Rückenschmerzreduktion als die Gruppen I_L ($p = .002$) und 2_L ($p = .014$). Somit unterschieden sich hier nur eine diffuse sakrale Verteilung (2_S) von einer nervalen lumbalen (I_L) und extranervalen lumbalen (2_L) Kontrastmittelverteilung. Eine nervale sakrale (I_S) Kontrastmittelverteilung führte statistisch zu einer gleich hohen Rückenschmerzreduktion einen Tag nach Radikulographie wie eine nervale lumbale (I_L) und extranervale lumbale (2_L) Kontrastmittelverteilung. Die Obergruppen der entwickelten Kontrastmittelverteilung unterschieden sich nicht signifikant in ihrer Rückenschmerzreduktion zwei Tage nach Radikulographie ($p = .110$). Die Rückenschmerzreduktion zwei Tage nach Radikulographie war in den Obergruppen ähnlich.

Die Beinschmerzreduktion der Untergruppen unterschied sich einen Tag ($p = .358$) und zwei Tage ($p = .265$) nach Radikulographien nicht signifikant. Die Beinschmerzreduktion der Untergruppen war statistisch ähnlich.

Die Obergruppen der Kontrastmittelverteilung unterschieden sich nicht signifikant in ihrer Beinschmerzreduktion einen Tag ($p = .972$) und zwei Tage ($p = .547$) nach Radikulographie. Die mediane Beinschmerzreduktion der Obergruppen nach Radikulographie war ähnlich.

Bei der Entwicklung der Klassifikation der Kontrastmittelverteilung wurde angenommen, dass sich die injizierten Medikamente ähnlich verteilten, wie das Röntgenkontrastmittel. Durch unterschiedliche Viskositäten der injizierten Substanzen, könnte die Kontrastmittelverteilung jedoch nicht der Medikamentenverteilung entsprechen. (65) Außerdem könnte das visköser Kontrastmittel durch die injizierten Medikamente verdünnt werden. (68) Um diesen Störfaktor zu beheben, wurden in dieser Studie Röntgenbilder unmittelbar nach Kontrastmittelinjektion angefertigt, daraus eine Klassifikation zur Kontrastmittelverteilung entwickelt, und erst im Anschluss Lokalanästhetika und Steroide bei gleicher Nadelspitzenposition gespritzt.

Hierbei sollte allerdings bedacht werden, dass selbst, wenn sich das Kontrastmittel, während der Radikulographie wie gewünscht verteilt, sich die injizierten Medikamente durch leichte Bewegungen der Nadelspitze oder Spritze trotzdem nicht dem Kontrastmittel entsprechend verteilen können. (69) Um diesen Störfaktor zu mindern, wurden die in die Studie eingeschlossenen Eingriffe von erfahrenen Fachärzten unter großer Sorgfalt durchgeführt.

Die Studienlage zu durch verschiedene Kontrastmittelverteilungen ausgelöste Schmerzreduktionen bei Radikulographien ist gering. Shipley et al. untersuchten den Zusammenhang zwischen Nadelpositionen bei extraforaminalen zervikalen Nervenwurzelblöcken und der epiduralen Verteilung von Kontrastmittel: Ein zentraler epiduraler Abfluss des Kontrastmittels wurde bei einer medialen Nadelpositionierung zur Mittellinie der Gelenksäule im anterior-posterioren Strahlengang erreicht. Wurde eine transforaminale zervikale Nervenblockade mit lateraler Nadelpositionierung durchgeführt führte dies selten zu einer epiduralen Kontrastmittelverteilung und scheint somit für selektive Wurzelblöcke vorteilhafter. (69) Zu beachten gilt, dass vorliegende Arbeit nur die unmittelbare Kontrastmittelverteilung bei Radikulographien ohne epiduralen Abfluss interessierte. Allerdings wurden bei diesen therapeutischen Injektionen größere Injektionsvolumina eingesetzt. Ein epiduraler Abfluss nach Anfertigung der Röntgenkontrastaufnahmen ist möglich.

Die Verteilung des Röntgenkontrastmittels schien im untersuchten Patientenkollektiv die subjektiv angegebene Rücken- und Beinschmerzreduktion nicht beeinflusst zu haben. Vorliegende Ergebnisse sollten in Zukunft mit einem größeren Patientenkollektiv und insbesondere gleichmäßiger verteilter Probandenanzahl in den Untergruppen der Kontrastmittelverteilung untersucht werden. So könnte geprüft werden, welche Kontrastmittelverteilung statistisch eine größere Schmerzreduktion bewirkt und somit während Radikulographien angestrebt werden sollte, um den Therapieerfolg zu erhöhen.

5.5 Diskussion Vergleich Schmerzreduktion bei Männern und Frauen

Diese Studie sollte untersuchen, ob lumbale / sakrale Radikulographien bei Männern und Frauen eine ähnliche Schmerzreduktion erzielen. Im untersuchten Patientenkollektiv waren 53% der Probanden Frauen und 47% Männer.

Männer und Frauen unterschieden sich nicht signifikant in ihrer Rückenschmerzreduktion einen Tag ($p = .088$) und zwei Tage ($p = .113$) nach Radikulographie. Beide Geschlechter gaben eine ähnlich hohe Rückenschmerzreduktion an.

Männer und Frauen unterschieden sich auch nicht signifikant in ihrer Beinschmerzreduktion einen Tag ($p = .182$) und zwei Tage ($p = .342$) nach Radikulographie. Beide Geschlechter gaben eine ähnlich hohe Beinschmerzreduktion an.

Ein Großteil der in diesem Patientenkollektiv eingeschlossenen Probanden profitierten unabhängig von ihrem Geschlecht von den durchgeführten Radikulographien.

5.6 Diskussion Vergleich Schmerzreduktion der Altersgruppen

Der Großteil der Patienten war zum Zeitpunkt der Radikulographie zwischen 40 und 80 Jahren alt, wobei das mediane Alter der Patienten 61 Jahre betrug.

Die Altersgruppen unterschieden sich nicht in ihrer Rückenschmerzreduktion einen Tag nach Radikulographie ($p = .068$). Die Rückenschmerzreduktion der Altersgruppen einen Tag nach Radikulographie war statistisch ähnlich. Allerdings unterschieden sich einige Altersgruppen zwei Tage ($p = .021$) nach Radikulographie in ihrer Rückenschmerzreduktion: Die Altersgruppe der Patienten zwischen 20 und unter 30 Jahren unterschied sich signifikant in ihrer Rückenschmerzreduktion von allen anderen Altersgruppen. Bei den jüngeren Patienten war im Median eine Zunahme der Rückenschmerzen zwei Tage nach Radikulographie feststellbar.

Ältere Patienten sprachen hinsichtlich ihrer Rückenschmerzreduktion zwei Tage nach Radikulographie besser auf diesen Eingriff an. Allerdings sollte hier berücksichtigt werden, dass sich nur drei Patienten zwischen 20 und 30 Jahren zu ihren Rückenschmerzen äußerten. Dieses Ergebnis sollte mit einer größeren Patientenzahl überprüft werden.

Die Altersgruppen unterschieden sich nicht signifikant in ihrer Beinschmerzreduktion einen ($p = .832$) und zwei Tage ($p = .362$) nach Radikulographie. Die Beinschmerzreduktion der Altersgruppen war ähnlich hoch.

Ein Großteil der eingeschlossenen Probanden profitierten somit auch unabhängig von ihrem Alter von den durchgeführten Radikulographien.

5.7 Diskussion Vergleich Schmerzreduktion bei unterschiedlichem BMI

Analysiert wurde, ob Patienten mit höherem Body-Mass-Index (BMI) schlechter auf Radikulographien ansprachen. Dies könnte an einer schwierigeren Nadelpositionierung oder einer zu kurzen Nadel liegen. Es konnten keine Unterschiede hinsichtlich der Schmerzreduktionen bei verschiedenem BMI der Patienten festgestellt werden:

Die BMI Gruppen unterschieden sich nicht signifikant in ihrer Rückenschmerzreduktion einen Tag ($p = .874$) und zwei Tage ($p = .752$) nach Radikulographie. Das Gewicht hatte keinen Einfluss auf die Rückenschmerzreduktion nach Radikulographie.

Die BMI Gruppen unterschieden sich ebenfalls nicht signifikant in ihrer Beinschmerzreduktion einen Tag ($p = .176$) und zwei Tage ($p = .056$) nach Radikulographie.

Ein Großteil der eingeschlossenen Patienten profitierte also auch unabhängig von ihrem Gewicht von den durchgeführten Radikulographien

5.8 Diskussion Vergleich Schmerzreduktion bei memory pain

Berührte die Kanüle, während der Radikulographie die Nervenwurzel, empfand der Patient einen Schmerz entsprechend dem Verlauf der Nervenwurzel. Entsprechend der ausgelösten Schmerzempfindung den Beschwerdesymptomen wurde dies als positiver memory pain, andernfalls als negativer memory pain, festgehalten. So konnte eine genauere Positionierung der Kanüle erreicht werden. (10)

Angenommen wurde, dass eine genauere Positionierung und somit genauere Medikamenteninjektion an die schmerzauslösenden Strukturen zu einer höheren Schmerzreduktion führen sollte. Dies konnte in dieser Studie nicht bestätigt werden:

Die Rückenschmerzreduktion unterschied sich nicht signifikant zwischen Patienten mit positivem und negativem memory pain einen Tag ($p = .721$) und zwei Tage ($p = .219$) nach Radikulographie. Patienten, die während des Eingriffes einen memory pain angaben, empfanden eine statistisch ähnliche Rückenschmerzreduktion wie Patienten, die keinen memory pain mitteilten.

Die Beinschmerzreduktion unterschied sich nicht signifikant einen Tag ($p = .322$) und zwei Tage ($p = .343$) nach Radikulographie zwischen Patienten mit positivem und negativem memory pain. Patienten, die während des Eingriffes einen memory pain angaben, empfanden eine statistisch ähnliche Beinschmerzreduktion wie Patienten, die keinen memory pain äußerten. Auch in einer Studie von Mallinson et al. wurde kein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen memory pain und Schmerzreduktion gefunden. (36)

Auch wenn die Ergebnisse hier nicht signifikant wurden, ist eine kleine Tendenz erkennbar, dass Patienten mit positivem memory pain im Median eine etwas höhere Rückenschmerzreduktion dokumentierten und somit besser auf die Radikulographien ansprachen. Dass die Ergebnisse nicht signifikant wurden, könnte daran liegen, dass eine große Anzahl an Patienten mit positivem memory pain mit einer geringen Anzahl an Patienten mit negativem memory pain verglichen wurde.

5.9 Diskussion Vergleich Schmerzreduktion bei zusätzlicher Epiduralinjektion

Einige Patienten erhielten im Beobachtungszeitraum zusätzliche Epiduralinjektionen. Diese wurden vor allem bei Patienten mit stärkeren Bein- als Rückenschmerzen angewandt. Mehrere Eingriffe sollten eine höhere Schmerzreduktion zur Folge haben. Allerdings erhielten vor allem Patienten mit stärkeren Schmerzen und Non-Responder bei Radikulographien zusätzliche Epiduralinjektionen. Wir konnten in dieser Studie keine Unterschiede der Schmerzreduktion bei Patienten mit und ohne zusätzliche Epiduralinjektion ermitteln:

Die Rückenschmerzreduktion unterschied sich nicht signifikant zwischen Patienten mit zusätzlicher und ohne zusätzlicher Epiduralinjektion einen Tag ($p = .661$) und zwei Tage ($p = .219$) nach Radikulographie. Erhielten Patienten zusätzlich zur Radikulographie eine Epiduralinjektion führte dies nicht zu einer höheren Rückenschmerzreduktion.

Die Beinschmerzreduktion unterschied sich auch nicht signifikant zwischen Patienten mit zusätzlicher und ohne zusätzlicher Epiduralinjektion einen Tag ($p = .754$) und zwei Tage ($p = .308$) nach Radikulographie. Erhielten Patienten zusätzlich zur Radikulographie eine Epiduralinjektion führte dies nicht zu einer höheren Beinschmerzreduktion.

5.10 Diskussion Vergleich Schmerzreduktion bei zusätzlicher Facetteninfiltration

Einige Patienten erhielten im Beobachtungszeitraum zusätzliche Facetteninfiltrationen. Diese wurden vor allem bei Patienten mit stärkeren Rücken- als Beinschmerzen angewandt. Mehrere Eingriffe sollten eine höhere Schmerzreduktion zur Folge haben. Allerdings erhielten vor allem Patienten mit stärkeren Schmerzen und Non-Responder bei Radikulographien zusätzliche Facetteninfiltrationen. Wir konnten in dieser Studie keine Unterschiede der Schmerzreduktion bei Patienten mit und ohne zusätzliche Facetteninfiltration ermitteln:

Die Rückenschmerzreduktion unterschied sich nicht signifikant zwischen Patienten mit zusätzlicher und ohne zusätzlicher Facetteninfiltration einen Tag ($p = .919$) und zwei Tage ($p = .785$) nach Radikulographie. Erhielten Patienten zusätzlich zur Radikulographie eine Facetteninfiltration führte dies nicht zu einer höheren Rückenschmerzreduktion.

Die Beinschmerzreduktion unterschied sich ebenfalls nicht signifikant zwischen Patienten mit zusätzlicher und ohne zusätzlicher Facetteninfiltration einen Tag ($p = .455$) und zwei Tage ($p = .312$) nach Radikulographie. Erhielten Patienten zusätzlich zur Radikulographie eine Facetteninfiltration führte dies nicht zu einer höheren Beinschmerzreduktion.

6. Zusammenfassung

Mit dieser retrospektiven Studie konnte die Wirksamkeit der in den Jahren 2015 und 2016 bei vorliegendem Patientenkollektiv durchgeführten lumbalen / sakralen und zervikalen Radikulographien bestätigt werden. Die Rücken-, Bein-, sowie Nacken-, und Armschmerzen der Patienten besserten sich signifikant einen und zwei Tage nach Radikulographie.

Wiederholte lumbale / sakrale Radikulographien führten zu einer ähnlich hohen Schmerzreduktion, wie erste Injektionen.

Die durchgeführten Radikulographien führten auf unterschiedlichen Wirbelkörperhöhen zu einer vergleichbaren Schmerzreduktion. Auffällig war, dass lumbale Radikulographien zu einer signifikant besseren Rückenschmerzreduktion führten als sakrale Eingriffe.

Der Schwerpunkt der Studie lag in der Entwicklung einer neuen Klassifikation zur Verteilung des Röntgenkontrastmittels bei lumbaler / sakraler Radikulographie. Mit Hilfe der Klassifikation sollte herausgefunden werden, ob die Verteilung des Kontrastmittels, und somit der injizierten Medikamente, einen Einfluss auf die subjektiv empfundene Schmerzreduktion hatte. Die Verteilung des Röntgenkontrastmittels hatte keinen Einfluss auf die akute Schmerzreduktion. Dennoch konnte in der Rückenschmerzreduktion festgestellt werden, dass eine neuroforaminale Kontrastmittelverteilung zu einem tendenziell besseren Outcome führt. Da in dieser Studie die Klassifikation zur Röntgenkontrastmittelverteilung erst entwickelt und exemplarisch an einem kleinen Kollektiv angewandt wurde, bleibt zu prüfen, ob bei mehr und gleichmäßiger verteilten Probandenzahlen in den Untergruppen eine signifikant größere Schmerzreduktion der Patienten zu erzielen ist, die eine Kontrastmittelverteilung entlang des Spinalnerven zeigen. So könnte, durch gezielteres Monitoring der Kontrastmittelverteilung, die Effektivität von Radikulographien in Zukunft erhöht werden.

Ein Großteil der in dieser Arbeit eingeschlossenen Patienten profitierten unabhängig von ihrem biologischen Geschlecht, ihrem Alter und ihrem BMI von den durchgeführten lumbalen / sakralen Radikulographien. Dabei unterschied sich die Schmerzreduktion der Patienten, die einen memory pain angaben, nicht von denen, die diesen nicht empfanden. Zusätzliche Epidural- und Facetteninfiltrationen führten zu keiner größeren Schmerzreduktion im Beobachtungszeitraum. Allerdings sollte hier beachtet werden, dass insbesondere Patienten mit stärkeren Schmerzen zusätzliche Injektionen erhielten.

8. Literaturverzeichnis

1. Aumüller G. Anatomie. 2nd ed. Stuttgart: Thieme; 2010. (Duale Reihe).
2. Niethard FU, Pfeil J, Biberthaler P. Orthopädie und Unfallchirurgie. 7th ed. Stuttgart: Thieme; 2014. (Duale Reihe).
3. Henn L, Schier K, Brian T, Hardt J. Back pain in Poland and Germany: a survey of prevalence and association with demographic characters. *Biomed Res Int*. 2014;2014901341. doi:10.1155/2014/901341 Cited in: PubMed; PMID 25093187.
4. Wu A, March L, Zheng X, Huang J, Wang X, Zhao J, Blyth FM, Smith E, Buchbinder R, Hoy D. Global low back pain prevalence and years lived with disability from 1990 to 2017: estimates from the Global Burden of Disease Study 2017. *Ann Transl Med*. 2020;8(6):299. doi:10.21037/atm.2020.02.175 Cited in: PubMed; PMID 32355743.
5. Raspe H-H. Rückenschmerzen [Internet]. 2012;531–31. Available from: <https://www.gbe-bund.de/pdf/Rueckenschmerzen.pdf>
6. Minimalinvasive Therapie - Asklepios Fachkrankenhaus Bad Abbach [Internet] [cited 2019 Jul 27]. Available from: <https://www.asklepios.com/bad-abbach/klinik/experten/orthopaedie/minimalinvasive/>
7. Grifka J. Injektionstherapie bei Zervikalsyndromen. *Orthopäde*. 1996;25524–32.
8. Krämer J. Orthopädische Schmerztherapie. *Deutsches Ärzteblatt*. 1996;93(30):A-1961 - A-1965.
9. Hildebrandt J, Mense S. Rückenschmerzen: Ein ungelöstes Problem. *Der Schmerz*. 2001;15(6):411–2. doi:10.1007/s004820100024
10. Faber F, Benditz A, Boluki D, Grifka J. Anwendung unterschiedlicher Injektionstherapien bei Zervikal- und Lumbalsyndromen [The application of different injection methods for cervical and lumbar syndromes]. *Schmerz*. 2018;32(1):65–85. ger. doi:10.1007/s00482-017-0264-4 Cited in: PubMed; PMID 29453629.
11. Benditz A, Madl M, Loher M, Grifka J, Boluki D, Linhardt O. Prospective medium-term results of multimodal pain management in patients with lumbar radiculopathy. *Sci Rep*. 2016;61–7. doi:10.1038/srep28187 Cited in: PubMed; PMID 27305956.
12. Linhardt O, Madl M, Boluki D, Renkawitz T, Matussek J, Quint U, Grifka J. Minimal-invasive Injektionstherapie beim Lumbalsyndrom [Minimally invasive injection therapy in lumbar syndromes]. *Der Orthopäde*. 2007;36(1):49–58. ger. doi:10.1007/s00132-006-1027-6 Cited in: PubMed; PMID 17180697.

13. Rückenschmerz [Internet] [cited 2019 Jul 3]. Available from: <https://www.dgss.org/rueckenschmerz/>
14. Benditz A, Loher M, Boluki D, Grifka J, Völlner F, Renkawitz T, Maderbacher G, Götz J. Positive medium-term influence of multimodal pain management on socioeconomic factors and health care utilization in patients with lumbar radiculopathy: a prospective study. *J Pain Res.* 2017;10389–95. doi:10.2147/JPR.S128090 Cited in: PubMed; PMID 28243143.
15. Casser H-R, Seddigh S, Rauschmann M. Acute Lumbar Back Pain. *Deutsches Ärzteblatt International.* 2016;113(13):223–34. doi:10.3238/arztebl.2016.0223 Cited in: PubMed; PMID 27120496.
16. Huston CW, Slipman CW, Garvin C. Complications and side effects of cervical and lumbosacral selective nerve root injections. *Arch Phys Med Rehabil.* 2005;86(2):277–83. doi:10.1016/j.apmr.2004.02.018 Cited in: PubMed; PMID 15706554.
17. Standl T, Agarwal K. Schmerztherapie: Akutschmerz - chronischer Schmerz - Palliativmedizin ; 160 Tabellen. 2nd ed. Stuttgart [u.a.]: Thieme; 2010.
18. J. Grifka, E. Broll-Zeitvogel, S. Anders. Injektionstherapie bei Lumbalsyndromen. *Der Orthopäde.* 1999;11922–31.
19. Raj P, Nolte H, Stanton-Hicks M. Atlas der Regionalanästhesie: Springer; 1989. 108 p.
20. Trevor AJ, Kruidering-Hall M, Katzung BG. Katzung & Trevor's pharmacology: Examination & board review. New York, Chicago, San Francisco, Athen, London, Madrid, Mexico City, Milan, New Delhi, Singapore, Sydney, Toronto: McGraw-Hill Education; 2019. (A Lange medical book).
21. Corenman D. Epidural Steroid Injections | Selective Nerve Root Blocks [Internet]. 2014 [cited 2019 Aug 2]. Available from: <https://neckandback.com/treatments/epidural-injections-and-selective-nerve-root-blocks-diagnostic-and-therapeutic/>
22. Guyot JP. Lumbar Selective Nerve Root Block: Comparative Study Using Two Pharmacological Formulae. *Global Spine J.* 2018;8(4):374–7. doi:10.1177/2192568217728724 Cited in: PubMed; PMID 29977722.
23. Silbergleit R, Mehta BA, Sanders WP, Talati SJ. Imaging-guided injection techniques with fluoroscopy and CT for spinal pain management. *Radiographics.* 2001;21(4):927-942. doi:10.1148/radiographics.21.4.g01jl15927 Cited in: PubMed; PMID 11452067.

24. Park KD, Lee WY, Nam SH, Kim M, Park Y. Ultrasound-guided selective nerve root block versus fluoroscopy-guided interlaminar epidural block for the treatment of radicular pain in the lower cervical spine: a retrospective comparative study. *J Ultrasound*. 2019;22(2):167–77. doi:10.1007/s40477-018-0344-z Cited in: PubMed; PMID 30519991.
25. Park Y, Ahn JK, Sohn Y, Jee H, Lee JH, Kim J, Park KD. Treatment Effects of Ultrasound Guide Selective Nerve Root Block for Lower Cervical Radicular Pain: A Retrospective Study of 1-Year Follow-up. *Ann Rehabil Med*. 2013;37(5):658–67. doi:10.5535/arm.2013.37.5.658 Cited in: PubMed; PMID 24236253.
26. Wakeling C, Bateman A, Hatrick A, Chatakonda S. Combined fluoroscopic and ultrasound guided cervical nerve root injections. *Int Orthop*. 2016;40(12):2547–51. doi:10.1007/s00264-016-3224-1 Cited in: PubMed; PMID 27222157.
27. Park Sk, Choi YS. Advantages of Digital Subtraction Angiography During Nerve Block. *Anesth Pain Med*. 2014;4(5):1–4. doi:10.5812/aapm.19927 Cited in: PubMed; PMID 25793174.
28. Anderberg L, Annertz M, Brandt L, Säveland H. Selective diagnostic cervical nerve root block--correlation with clinical symptoms and MRI-pathology. *Acta Neurochir (Wien)*. 2004;146(6):559-65; discussion 565. doi:10.1007/s00701-004-0241-4 Cited in: PubMed; PMID 15168223.
29. Datta S, Manchikanti L, Falco FJ, Caldoney AK, Atluri S, Benyamin RM, Buenaventura R, Cohen SP. Diagnostic Utility of Selective Nerve Root Blocks in the Diagnosis of Lumbosacral Radicular Pain: Systematic Review and Update of Current Evidence. *Pain Physician*. 2013;16SE97–SE124.
30. Murphy DR, Hurwitz EL, Gerrard JK, Clary R. Pain patterns and descriptions in patients with radicular pain: does the pain necessarily follow a specific dermatome? *Chiropr Osteopat*. 2009;171–9. doi:10.1186/1746-1340-17-9 Cited in: PubMed; PMID 19772560.
31. Gore S, Nadkarni S. Sciatica: Detection and Confirmation by New Method. *Int J Spine Surg*. 2014;8. doi:10.14444/1015 Cited in: PubMed; PMID 25694916.
32. Hirabayashi H, Takahashi J, Hashidate H, Ogihara N, Tashiro A, Misawa H, Ebara S, Mitsui K, Wakabayashi S, Kato H. Characteristics of L3 nerve root radiculopathy. *Surg Neurol*. 2009;72(1):36-40; discussion 40. doi:10.1016/j.surneu.2008.08.073 Cited in: PubMed; PMID 19150111.

33. Tawa N, Rhoda A, Diener I. Accuracy of magnetic resonance imaging in detecting lumbo-sacral nerve root compromise: a systematic literature review. *BMC Musculoskeletal Disord.* 2016;17(1):1–7. doi:10.1186/s12891-016-1236-z Cited in: PubMed; PMID 27600883.
34. Irwin A, Khan AL, d. Fender, Sanderson PL, Gibson MJ. The role of needle tip position on the accuracy of diagnostic selective nerve root blocks in spinal deformity. *Eur Spine J.* 2014;23(Suppl 1):S33–S39. doi:10.1007/s00586-014-3188-z Cited in: PubMed; PMID 24458935.
35. Tofuku K, Koga H, Komiya S. Subdural spread of injected local anesthetic in a selective transforaminal cervical nerve root block: a case report. *J Med Case Rep.* 2012;61–4. doi:10.1186/1752-1947-6-142 Cited in: PubMed; PMID 22657834.
36. Mallinson PI, Tapping CR, Bartlett R, Maliakal P. Factors that affect the efficacy of fluoroscopically guided selective spinal nerve root block in the treatment of radicular pain: a prospective cohort study. *Can Assoc Radiol J.* 2013;64(4):370–5. doi:10.1016/j.carj.2013.03.001 Cited in: PubMed; PMID 23942192.
37. Rathmell JP, Aprill C, Bogduk N. Cervical Transforaminal Injection of Steroids. *Anesthesiology.* 2004;100:1595–600.
38. Yamauchi M, Suzuki D, Niiya T, Honma H, Tachibana N, Watanabe A, Fujimiya M, Yamakage M. Ultrasound-guided cervical nerve root block: spread of solution and clinical effect. *Pain Med.* 2011;12(8):1190–5. doi:10.1111/j.1526-4637.2011.01170.x Cited in: PubMed; PMID 21692976.
39. van Akkerveeken PF. The diagnostic value of nerve root sheath infiltration. *Acta Orthopaedica Scandinavica.* 1993;64(sup251):61–3. doi:10.3109/17453679309160120
40. Gruenberg MF, Petracchi M, Valacco M, Solá C. Use of CT-guided periradicular injection for the treatment of foraminal and extraforaminal disc herniations. *Evid Based Spine Care J.* 2011;2(3):19–24. doi:10.1055/s-0030-1267109 Cited in: PubMed; PMID 23532378.
41. Cyteval C, Fresquet N, Thomas E, Decoux E, Blotman F, Taourel P. Predictive Factors of Efficacy of Periradicular Corticosteroid Injections for Lumbar Radiculopathy. *AJNR Am J Neuroradiol.* 2006;27(978-982).

42. World Health Organization. Body mass index - BMI [Internet]. 2019 [updated 2019 Jul 3; cited 2019 Jul 11]. Available from: <http://www.euro.who.int/en/health-topics/disease-prevention/nutrition/a-healthy-lifestyle/body-mass-index-bmi> en.
43. Arun-Kumar K, Jayaprasad S, Senthil K, Lohith H, Jayaprakash KV. The Outcomes of Selective Nerve Root Block for Disc Induced Lumbar Radiculopathy. *Malays Orthop J*. 2015;9(3):17–22. doi:10.5704/MOJ.1511.002 Cited in: PubMed; PMID 28611904.
44. Slipman CW, Lipetz JS, Jackson HB, Rogers DP, Vresilovic EJ. Therapeutic selective nerve root block in the nonsurgical treatment of atraumatic cervical spondylotic radicular pain: a retrospective analysis with independent clinical review. *Arch Phys Med Rehabil*. 2000;81(6):741–6. doi:10.1016/s0003-9993(00)90104-7 Cited in: PubMed; PMID 10857517.
45. Breivik H, Borchgrevink PC, Allen SM, Rosseland LA, Romundstad L, Hals EKB, Kvarstein G, Stubhaug A. Assessment of pain. *Br J Anaesth*. 2008;101(1):17–24. doi:10.1093/bja/aen103 Cited in: PubMed; PMID 18487245.
46. Dhakal GR, Hamal PK, Dhungana S, Kawaguchi Y. Clinical Efficacy of Selective Nerve Root Block in Lumbar Radiculopathy due to Disc Prolapse. *J Nepal Health Res Council*. 2019;17(2):242–6. doi:10.33314/jnhrc.v0i0.1976 Cited in: PubMed; PMID 31455942.
47. Ma V, Shakir A. The impact of type 2 diabetes on numeric pain score reduction following cervical transforaminal epidural steroid injections. *Skeletal Radiol*. 2013;42(11):1543–7. doi:10.1007/s00256-013-1702-8 Cited in: PubMed; PMID 23955580.
48. Ray WZ, Akbari S, Shah LM, Bisson E. Correlation of Foraminal Area and Response to Cervical Nerve Root Injections. *Cureus*. 2015;7(7):e286. doi:10.7759/cureus.286 Cited in: PubMed; PMID 26203404.
49. Yates DA. Spinal stenosis. *J R Soc Med*. 1981;74(5):334–42. Cited in: PubMed; PMID 7241484.
50. Grimmer-Somers K, Prior M, Robertson J. Yellow flag scores in a compensable New Zealand cohort suffering acute low back pain. *J Pain Res*. 2008;115–25. doi:10.2147/jpr.s3710 Cited in: PubMed; PMID 21197284.
51. Wippert P-M, Fliesser M, Krause M. Risk and protective factors in the clinical rehabilitation of chronic back pain. *J Pain Res*. 2017;101569–79. doi:10.2147/JPR.S134976 Cited in: PubMed; PMID 28740424.

52. Wippert P-M, Puschmann A-K, Drießlein D, Banzer W, Beck H, Schiltenswolf M, Schneider C, Mayer F. Personalized Treatment Suggestions: The Validity and Applicability of the Risk-Prevention-Index Social in Low Back Pain Exercise Treatments. *J Clin Med*. 2020;9(4). doi:10.3390/jcm9041197 Cited in: PubMed; PMID 32331301.
53. Veirman E, van Ryckeghem DML, Paepe A de, Kirtley OJ, Crombez G. Multidimensional screening for predicting pain problems in adults: a systematic review of screening tools and validation studies. *Pain Rep*. 2019;4(5):e775. doi:10.1097/PR9.0000000000000775 Cited in: PubMed; PMID 31875182.
54. Park CH, Lee SH, Kim BI. Comparison of the effectiveness of lumbar transforaminal epidural injection with particulate and nonparticulate corticosteroids in lumbar radiating pain. *Pain Med*. 2010;11(11):1654–8. doi:10.1111/j.1526-4637.2010.00941.x Cited in: PubMed; PMID 20807343.
55. Bensler S, Sutter R, Pfirrmann CWA, Peterson CK. Particulate versus non-particulate corticosteroids for transforaminal nerve root blocks: Comparison of outcomes in 494 patients with lumbar radiculopathy. *Eur Radiol*. 2018;28(3):946–52. doi:10.1007/s00330-017-5045-z Cited in: PubMed; PMID 28894933.
56. Lechmann M, Roskopf A, Ehrmann C, Sutter R, Pfirrmann CWA, Peterson CK. Relationship of specific MRI findings to treatment outcomes in patients receiving transforaminal epidural steroid injections. *Skeletal Radiol*. 2016;45(12):1677–85. doi:10.1007/s00256-016-2487-3 Cited in: PubMed; PMID 27683253.
57. Grifka J, Boluki D, Linhardt O, Matussek J, Anders S. Minimal-invasive Therapie bei Zervikalsyndromen [Minimal-invasive injection therapy for cervical syndromes]. *Orthopäde*. 2007;36(1):59–65. ger. doi:10.1007/s00132-006-1028-5 Cited in: PubMed; PMID 17149616.
58. Schünke M, Schulte E, Schumacher U. Prometheus - LernAtlas der Anatomie: Allgemeine Anatomie und Bewegungssystem ; 183 Tabellen. 4th ed. Stuttgart [u.a.]: Thieme; 2014.
59. Leung SM, Chau WW, Law SW, Fung KY. Clinical value of transforaminal epidural steroid injection in lumbar radiculopathy. *Hong Kong Med J*. 2015;21(5):394–400. doi:10.12809/hkmj144310 Cited in: PubMed; PMID 26273016.

60. Waschke J, Paulsen F. Atlas der Anatomie des Menschen. 23rd ed. München: Elsevier, Urban & Fischer; 2010. (vol. 1).
61. Debrunner AM. Orthopädie, orthopädische Chirurgie: Patientenorientierte Diagnostik und Therapie des Bewegungsapparates. 4th ed. Bern: Huber; 2005. 1261 p. ger.
62. Albert TJ, Balderston RA, Heller JG, Herkowitz HN, Garfin SR, Tomany K, An HS, Simeone FA. Upper lumbar disc herniations. *J Spinal Disord.* 1993;6(4):351–9. Cited in: PubMed; PMID 8219549.
63. Schneider M. Injektionen an der Wirbelsäule: Für welche Verfahren gibt es Evidenzen?: Bundeskongress Chirurgie 2018. *Chirurgen Magazin BAO Depesche.* 2018;16(88):1–4.
64. Makkar JK, Singh NP, Rastogi V. Volume of Contrast and Selectivity for Lumbar Transforaminal Epidural Steroid Injection. *Pain Physician.* 2015;18101–5.
65. Furman MB, Lee TS, Mehta A, Simon JI, Cano WG. Contrast Flow Selectivity During Transforaminal Lumbosacral Epidural Steroid Injections. *Pain Physician.* 2008;11855–61.
66. Lee JH, Yoon DM, Kwon TD, Yoon KB. An evaluation of contrast medium spread on caudal epidurography with the needle positioned toward the affected side in patients with unilateral lumbosacral radiculopathy. *Skeletal Radiol.* 2012;41(12):1613–8. doi:10.1007/s00256-011-1354-5 Cited in: PubMed; PMID 22270453.
67. Vassiliev D. Spread of Contrast During L4 and L5 Nerve Root Infiltration Under Fluoroscopic Guidance. *Pain Physician.* 2007;10461–6.
68. Jee H, Lee JH, Kim J, Park KD, Lee WY, Park Y. Ultrasound-guided selective nerve root block versus fluoroscopy-guided transforaminal block for the treatment of radicular pain in the lower cervical spine: a randomized, blinded, controlled study. *Skeletal Radiol.* 2013;42(1):69–78. doi:10.1007/s00256-012-1434-1 Cited in: PubMed; PMID 22609989.
69. Shipley K, Riew KD, Gilula LA. Fluoroscopically guided extraforaminal cervical nerve root blocks: analysis of epidural flow of the injectate with respect to needle tip position. *Global Spine J.* 2014;4(1):7–12. doi:10.1055/s-0033-1354248 Cited in: PubMed; PMID 24494176.

9. Danksagung

An dieser Stelle möchte ich allen Beteiligten, die mich bei der Verfassung meiner Doktorarbeit unterstützt haben, meinen großen Dank aussprechen.

Ich möchte mich insbesondere bei meinem Doktorvater Prof. Dr. med. Achim Benditz für die Ermöglichung meiner Doktorarbeit bedanken. Besonderer Dank gilt auch Dr. med. Florian Faber, der die Idee zum Thema vorliegender Arbeit hatte und mich mit zahlreichen Anregungen unterstützte und ausgezeichnet betreute. Herr Prof. Benditz und Herr Dr. med. Faber halfen mir sehr bei der Planung, Datenerhebung, Literaturrecherche und Verfassung vorliegender Dissertation. So hatte ich die Möglichkeit Erfahrungen im wissenschaftlichen Arbeiten zu sammeln und mich intensiv mit einem interessanten Thema zu beschäftigen.

Für die Ermöglichung einer schnellen und unkomplizierten Datenerhebung danke ich den Mitarbeitern des Archivs im *Asklepios Klinikum Bad Abbach*.

Weiterer Dank gilt Dipl. Psych. Karolina Müller, die mich im Rahmen eines SPSS-Kurses und einer persönlichen Beratung bei der statistischen Auswertung unterstützte.

Schließlich danke ich meiner Frau, meiner Familie und meinen Freunden für die emotionale Unterstützung und Ermutigung während des Studiums an dieser Doktorarbeit. Hier gilt mein besonderer Dank meinem Vater für die Formatierung und Durchsicht vorliegender Arbeit.

Lebenslauf

10. Lebenslauf

Lebenslauf