

# **Prospektive Studie zur Rolle neuropathischer Schmerzen bei orthopädischen Krankheitsbildern der Wirbelsäule**

Inauguraldissertation

zur Erlangung des Doktorgrades

der Hohen Medizinischen Fakultät

der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität

Bonn

**Yoon-Jung Pönicke geb. Lee**

aus Essen

2019

Angefertigt mit der Genehmigung  
der Medizinischen Fakultät der Universität Bonn

1. Gutachter: Prof. Dr. med. Robert Pflugmacher
2. Gutachter: Prof. Dr. med. Hartmut Vatter

Tag der Mündlichen Prüfung: 7. März 2019

Aus der Klinik und Poliklinik für Orthopädie und Unfallchirurgie  
Direktor: Univ.-Prof. Dr. med. D. C. Wirtz

## Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis .....	5
1. Einleitung.....	6
1.1. Epidemiologie von Rückenschmerzen .....	6
1.2. Ursachen für Rückenschmerzen .....	7
1.3. Nozizeptive Schmerzen.....	7
1.4. Neuropathische Schmerzen .....	9
1.5. painDetect-Bogen.....	10
1.6. Oswestry Disability Index-Bogen.....	12
1.7. Hintergrund und Ziel der Arbeit .....	13
2. Methoden.....	15
2.1. Patientenauswahl .....	15
2.2. Gruppeneinteilung und Befunderhebung.....	15
2.3. Auswertung Fragebogen .....	17
2.4. Statistische Auswertung .....	18
3. Ergebnisse.....	20
3.1. Präoperative Befunde.....	20
3.1.1. Aufnahmebefunde .....	20
3.1.2. Auswertung painDetect-Bogen.....	21
3.1.3. Auswertung Visuelle Analogskala .....	30
3.1.4. Auswertung Oswestry Disability Index-Bogen .....	31
3.2. Direkt postoperativ erhobene Behandlungsergebnisse.....	33
3.2.1. Allgemeine postoperative Auswertung .....	33
3.2.2. Auswertung painDetect-Bogen.....	34
3.2.3. Auswertung Oswestry Disability Index-Bogen.....	36

3.3.	Nachuntersuchung 6 Wochen postoperativ.....	37
3.3.1.	Auswertung painDetect-Bogen.....	37
3.3.2.	Auswertung Oswestry Disability Index-Bogen.....	38
3.4.	Nachuntersuchung 6 Monate postoperativ.....	39
3.4.1.	Auswertung painDetect-Bogen.....	40
3.4.2.	Auswertung Visuelle Analogskala.....	42
3.4.3.	Auswertung Oswestry Disability Index-Bogen.....	42
4.	Diskussion.....	45
4.1.	Präoperative Gruppenmerkmale.....	46
4.1.1.	Patienten mit Wirbelkörperfraktur.....	46
4.1.2.	Patienten mit Nukleus pulposus Prolaps.....	47
4.1.3.	Patienten mit spinalem Kompressionssyndrom.....	47
4.2.	Präoperative Vitamin D-Konzentration.....	48
4.3.	Auswertung der präoperativen Daten im painDetect-Bogen.....	49
4.4.	Postoperative Verläufe.....	53
5.	Zusammenfassung.....	56
6.	Anhang.....	58
7.	Abbildungsverzeichnis.....	63
8.	Tabellenverzeichnis.....	64
9.	Literaturverzeichnis.....	65
	Danksagung.....	75

## Abkürzungsverzeichnis

BWS	Brustwirbelsäule
CT	Computertomografie
d	Effektstärke für Mittelwertunterschiede
LWS	Lendenwirbelsäule
n	Anzahl
non-WKF	nicht Wirbelkörperfraktur
NPP	Nukleus pulposus Prolaps
MRT	Magnetresonanztomografie
MW	Mittelwert
ODI	Oswestry Disability Index
OP	Operation
p	Signifikanz
post-OP	postoperativ
prä-OP	präoperativ
Q1	1. Quartil
Q3	3. Quartil
r	Effektstärke nach Rosenthal
SD	Standardabweichung
SKS	Spinales Kompressionssyndrom
TRPV1	Transiente Rezeptor Potential Kationenkanal der Unterfamilie V (für vanilloid), Subtyp 1
VAS	Visuelle Analogskala
WKF	Wirbelkörperfraktur

# 1. Einleitung

## 1.1. Epidemiologie von Rückenschmerzen

Laut der Gesundheitsberichterstattung des Bundes vom November 2015 zählen Rückenschmerzen zu den häufigsten Beschwerden in der Bevölkerung. Jede 4. Frau (25 %) und etwa jeder 6. Mann (16,9 %) litten in den letzten 12 Monaten unter chronischen Rückenschmerzen. Hierunter fallen Rückenschmerzen die über 3 Monate und länger anhalten und fast täglich auftreten. Insgesamt sind bis zu 85 % der Deutschen mindesten einmal in ihrem Leben von Rückenschmerzen betroffen (Robert Koch Institut, 2015). Die Prävalenz ist im Alter steigend und Frauen sind deutlich häufiger betroffen als Männer. Während im jüngeren Lebensalter (unter 30 Jahre) nur 10,9 % der Befragten über chronische Rückenschmerzen berichten, sind es im mittleren Lebensalter (30 bis 65 Jahre) schon 20 % und im hohen Lebensalter (über 65 Jahre) fast 30 %. Auch lassen sich deutliche sozioökonomische Unterschiede nachweisen. Personen mit einem niedrigen sozialen Status, gemessen an Bildung, beruflicher Stellung und Einkommen, leiden häufiger unter Rückenschmerzen als Personen mit einem mittleren bis hohen sozialen Status. Das Risiko für chronische Rückenschmerzen ist bei Befragten mit maximal einem Hauptschulabschluss gegenüber Hochschulabsolventen mehr als 2-fach erhöht (Lampert et al., 2017). Vergleichbare Daten für andere Länder finden sich in der internationalen Literatur (Palacios-Cena et al., 2015; Shmagel et al., 2016; Torrance et al., 2006).

Die Kosten für Krankheitsbilder des Rückens für das deutsche Gesundheitssystem beliefen sich 2008 auf geschätzte 9 Milliarden Euro. Es überwiegen die indirekten Kosten, z.B. für Arbeitsunfähigkeit oder Invalidität. Die verlorenen Erwerbstätigkeitsjahre aufgrund nichtspezifischer Rückenschmerzen beliefen sich 2008 auf insgesamt 135.000 Jahre (Raspe, 2012). Chronische Schmerzen haben aber nicht nur Auswirkungen auf das Arbeitsleben, auch Aspekte des täglichen Lebens, wie Schlafqualität und soziale Kontakte, werden beeinflusst.

## 1.2. Ursachen für Rückenschmerzen

Bei den Ursachen von Rückenschmerzen lassen sich unspezifische von spezifischen abgrenzen. In den meisten Fällen kann nach gründlicher körperlicher Untersuchung, sowie umfassender Bildgebung mittels Röntgen, Computertomografie oder Magnetresonanztomografie keine spezifische Erkrankung detektiert werden. Bei einer unspezifischen Schmerzsymptomatik können weder Ätiologie, Pathogenese noch eine genaue schmerzhafteste Struktur eindeutig identifiziert werden. Vordergründig sind hierbei mechanische Einflüsse, sowohl psychische als auch physische Überlastung und degenerative Prozesse. Unspezifische Rückenschmerzen werden üblicherweise nach ihrer Lage klassifiziert, hierzu gehören u.a. Lumbalgie, Lumbago, LWS-Syndrom, lumbovertebrales Syndrom, BWS-Syndrom (Wagner, 2010).

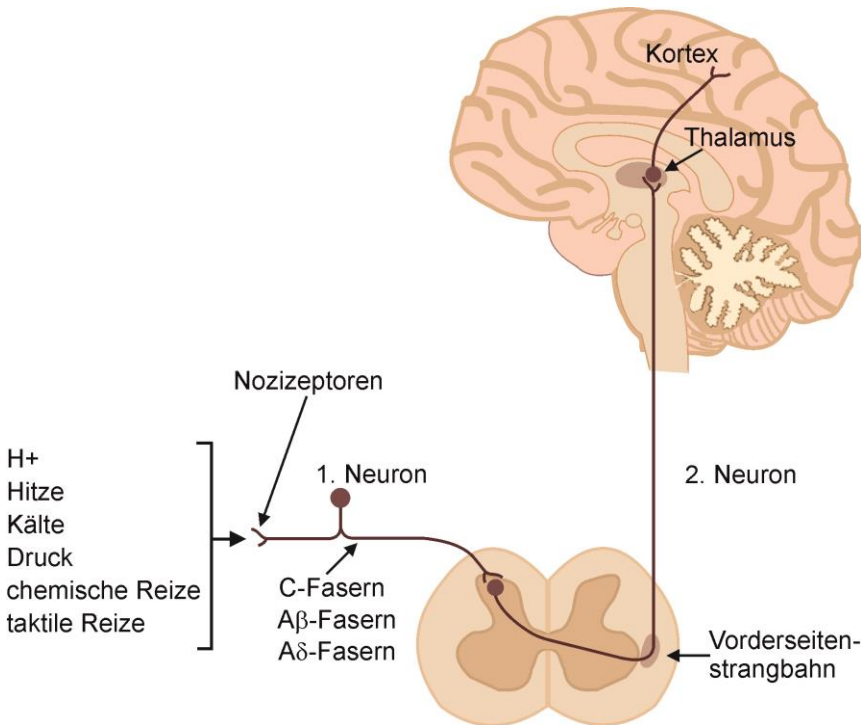
Im klinischen Alltag wird seit vielen Jahren bereits im Anamnesegespräch nach Warnhinweisen, den sogenannten red flags, gefragt (Bundesärztekammer, 2017). Ihr Vorhandensein zeigt nicht notwendigerweise eine bestimmte Pathologie an, aber erhöht die Wahrscheinlichkeit einer spezifischen Krankheitsursache, wie z.B. Nervenwurzelkompressionen bei Nukleus pulposus Prolaps, Einengungen des Wirbelkanals, entzündliche Erkrankungen oder Kompressionsfrakturen der Wirbelkörper (Wagner, 2010). Hierzu zählen unter anderen: Trauma in der Eigenanamnese, Steroideinnahme, Tumorleiden in der Eigenanamnese, B-Symptomatik, plötzliche Blasen-Mastdarm-Störungen und dermatombezogene Schmerzen (Casser et al., 2016).

Dementsprechend muss bei chronischen Rückenschmerzen mit unterschiedlichen Schmerzkomponenten gerechnet werden, denen verschiedene pathophysiologische Entstehungsmechanismen zugrunde liegen (Baron et al., 2010; Gudala et al., 2017a). Wichtig ist der Unterschied zwischen den nozizeptiven Schmerzen und den neuropathischen Schmerzen, wobei sich auch kombinierte Befunde zeigen.

## 1.3. Nozizeptive Schmerzen

Mit dem Begriff nozizeptive Schmerzen werden Schmerzen bezeichnet, die nach Gewebetraumen auftreten, ohne dass eine entsprechende neuronale Struktur verletzt wurde.

Hierzu zählen chronische Entzündungsschmerzen, viszerale Schmerzen und die meisten Komponenten von Tumorschmerzen. Die Reizverarbeitung ist in Abbildung 1 schematisch erläutert.



**Abb. 1:** Schematische Darstellung der Schmerzweiterleitung von nozizeptiven Schmerzreizen (Abbildung nach H. Hinghofer-Szalkay, Physiologie der Sinnesorgane; <http://physiologie.cc/XIV.4.htm>)

Nozizeptoren sind verzweigte Nervenenden peripherer sensorischer Nervenfasern mit einem unspezifischen Kationenkanal (TRPV1). Sie befinden sich in Haut, Gelenken, Muskeln und inneren Organen. Es handelt sich um multimodale Rezeptoren, die durch eine Vielzahl von chemischen Substanzen (Serotonin, Histamin, Proteinkinasen, Acetylcholin u.a.) erregt werden und ein Sensorpotential auslösen. Ebenso führen starke thermische und mechanische Reize sowie Entzündungsreaktionen zur Rezeptoraktivierung. Die entstehenden Schmerzreize werden über primäre Afferenzen zum Hinterhorn des Rückenmarks geleitet. Es lassen sich nach anatomischen und funktionellen Kriterien drei Arten von primären afferenten nozizeptiven Neuronen einteilen: Aβ-, Aδ-, und C-Fasern. Sie unterscheiden sich im Durchmesser, dem Grad der Myelinisierung und damit der Leitungsgeschwindigkeit.



Im Hinterhorn des Rückenmarks erfolgt die synaptische Verbindung mit den sekundären nozizeptiven Neuronen, deren Axone in die aufsteigenden Bahnen des Vorderseitenstrangs projizieren und zum Thalamus ziehen. Letztlich erfolgt die zentralnervöse Verarbeitung in bestimmten Bereichen des Cortex (Groh et al., 2017; Kendroud und Bhimji, 2017; Sneddon, 2018; Treede, 2001).

#### 1.4. Neuropathische Schmerzen

Der Begriff des neuropathischen Schmerzes wird für eine inhomogene Gruppe von Zuständen mit einem weiten Umfang von Ursachen und unterschiedlichen Schmerzverteilungen benutzt (Finnerup et al., 2016). Nach der Definition der International Association for the Study of Pain von 2008, tritt neuropathischer Schmerz als direkte Konsequenz einer Läsion oder Erkrankung des peripheren oder zentralen somatosensorischen Systems auf (Haanpaa et al., 2011; Treede et al., 2008). In den betroffenen Nervenfasern werden Aktionspotenziale nicht nur durch Rezeptorpotenziale an den Nervenendigungen ausgelöst, sondern entstehen an der Stelle der Nervenläsion selbst oder im Nervenganglion in der Hinterwurzel. An der Stelle der Nervenläsion kommt es zu einem vermehrten Proteineinbau in die Zellmembran. Dies führt zu einer vermehrten Depolarisationsneigung und zum Auslösen von Aktionspotenzialen. Auch Entzündungsmediatoren können zur Entstehung von ektopen Entladungen führen (Schaible, 2010). Die zuständigen Rezeptorsysteme werden stärker aktiviert, was mit einem spontanen Auftreten schmerzhafter Empfindungen verbunden ist. In der Folge werden noch weitere Schmerzrezeptoren auf bisher intakten Schmerzfasern gebildet (Baron und Jänig, 2001; Schuh-Hofer und Treede, 2012).

Der Hauptunterschied zu den nozizeptiven Schmerzen liegt in der fehlenden Umwandlung von nozizeptiven Stimuli in elektrische Impulse. Die Prognose von neuropathischen Schmerzen ist deutlich schlechter, da sie durch eine direkte Schädigung des Nervensystems mit einer erhöhten Rate der Chronifizierung einhergeht. Weiterhin ist die medikamentöse Therapie mit nichtsteroidalen Antirheumatika und Opioiden oftmals nicht ausreichend und sollte durch Antidepressiva und Antikonvulsiva ergänzt werden (Cohen und Mao, 2014).

Ist ein peripherer Nerv geschädigt, kann es zu brennenden Dauerschmerzen und attackenartigen, einschießenden Schmerzen kommen. Dabei werden ektopische Entladungen afferenter nozizeptiver C-Fasern für die einschießenden Schmerzen und die sensibilisierten peripheren Neuronen mit supranormaler Antwort, wie brennende Dauerschmerzen, verantwortlich gemacht. Typisch sind außerdem Schmerzausstrahlungen in distal gelegene Bereiche und sensible Ausfälle (Deutsche Gesellschaft für Neurologie, 2012). Oftmals sind neuropathische Schmerzen vergesellschaftet mit Allodynie (durch Reize ausgelöste Schmerzempfindung, die normalerweise keine Schmerzen verursachen würden) und Hyperalgesie (gesteigerte Schmerzempfindung) (Jensen und Finnerup, 2014).

In einer epidemiologischen Studie an ca. 8.000 Patienten mit chronischen Rückenschmerzen betrug der Anteil an Patienten, die eine neuropathische Komponente aufwiesen, ca. 37 % (Freyhagen et al., 2006b). Vergleichbare Werte (36,6 %) ermittelte 2014 eine amerikanische Arbeitsgruppe bei Patienten mit chronischen Schmerzen im Bereich der Lendenwirbelsäule (Fishbain et al., 2014).

Eine genaue Schmerzanamnese der Patienten ist essentiell um herauszufinden, ob neuropathische Schmerzen vorliegen. Sie ist somit zugleich die Grundlage einer adäquaten Therapie. Fragebogen wie der painDetect-Bogen können Hilfe leisten um einzuschätzen, ob neuropathische Schmerzkomponenten vorliegen (Deutsche Gesellschaft für Neurologie, 2012).

### 1.5. painDetect-Bogen

Der painDetect-Bogen wurde 2006 eingeführt, um neuropathische Schmerzkomponenten bei Patienten mit chronischen Rückenschmerzen zu identifizieren (Freyhagen et al., 2006a). Mit Hilfe des painDetect-Bogens werden Angaben zur akuten Schmerzwahrnehmung erhoben, wobei sich diese Fragen sowohl auf qualitative als auch auf quantitative Aspekte der Schmerzempfindungen beziehen. Seitdem hat sich der Bogen bewährt, um die Symptome bei Patienten mit neuropathischen Schmerzen von denen mit nozizeptiven Schmerzen qualitativ und quantitativ zu differenzieren.

Eine gründliche Anamnese und die körperliche Untersuchung können durch Fragebogen jedoch nicht ersetzt werden (Freyenhagen et al., 2011; Gudala et al., 2017b).

Im painDetect-Bogen werden zunächst die aktuelle Schmerzintensität, sowie die Quantität der Schmerzen der letzten 4 Wochen erfragt. Zur Beantwortung dient eine numerische Schmerzskala von 0 bis 10, wobei 0 bedeutet, dass kein Schmerz vorliegt und 10 den Maximalschmerz ausdrückt.

Die Fragen lauten:

„Wie würden Sie Ihren Schmerz jetzt im Augenblick einschätzen?“

„Wie stark war der stärkste Schmerz in den letzten 4 Wochen?“

„Wie stark war der Schmerz in den letzten 4 Wochen im Durchschnitt?“

Dann soll der Hauptschmerzbereich in eine Abbildung eingezeichnet werden. Anschließend wird die Schmerzausstrahlung erfragt und die Lokalisation ebenfalls in die Abbildung eingezeichnet.

Im Weiteren wird die Schmerzqualität weiter spezifiziert. Hierzu soll der Patient aus 4 unterschiedlichen Schmerzverläufen, das für ihn am ehesten Zutreffende auswählen.

Es stehen zur Auswahl:

„Dauerschmerzen mit leichten Schwankungen“

„Dauerschmerzen mit Schmerzattacken“

„Schmerzattacken dazwischen schmerzfrei“

„Schmerzattacken dazwischen Schmerzen“

Schließlich folgen Fragen zu sieben unterschiedlichen Schmerzqualitäten, die mit „nie“, „kaum“, „gering“, „mittel“, „stark“ oder „sehr stark“ zu beantworten sind. Dabei werden in der Auswertung von kaum = 0 bis sehr stark = 5 Punkte pro Schmerzqualität vergeben. Ausgehend immer von dem oben eingezeichneten Hauptschmerz wird nach „Brenngefühl“, „Kribbel- oder Prickelgefühl“, „blitzartige, elektrisierende Schmerzattacken“, „Taubheitsgefühl“ gefragt, oder ob „Kälte oder Wärme“, „leichte Berührung“ oder „leichter Druck“ schmerzhaft seien.

Die Bewertung der sieben Fragen ergibt die Score-Gesamtsumme. Liegen Schmerzattacken mit oder ohne Schmerzen dazwischen vor, wird ein weiterer Punkt addiert. Wenn angegeben wird, dass Dauerschmerzen mit leichten Schwankungen vorliegen, bleibt die Summe unverändert. Liegen Dauerschmerzen mit Schmerzattacken vor, so wird ein Punkt abgezogen. Leidet man unter Schmerzattacken, egal ob man dazwischen schmerzfrei ist oder dazwischen unter Dauerschmerzen leidet, wird 1 Punkt dazu addiert. Bei ausstrahlenden Schmerzen werden 2 Punkte dazu gerechnet.

So kommt man zu einer Score-Endsumme, die zwischen 0 und 38 liegen kann. Das Vorliegen einer neuropathischen Schmerzkomponente wird bei den Werten 19 – 38 als wahrscheinlich (in > 90 % der Fälle) bewertet, bei den Werten 0 – 12 als unwahrscheinlich (in < 15 % der Fälle). Liegt die Score-Endsumme zwischen 13 – 18, ist eine eindeutige Aussage nicht möglich und eine neuropathische Schmerzkomponente kann durchaus vorhanden sein (siehe Anhang 1).

#### 1.6. Oswestry Disability Index-Bogen

Mit dem Oswestry Disability Index-Bogen (kurz ODI) wird der aktuelle Schmerz- und Funktionsstatus des Patienten erfragt. Es werden neben der Schmerzstärke die subjektiv empfundenen Einschränkungen in neun Teilbereichen des Alltagslebens beurteilt. Hierzu zählen: Körperpflege, Heben, Gehen, Sitzen, Stehen, Schlafen, Sexualeben, Sozialleben, Reisen (siehe Anhang 2). Als Antwortmöglichkeit werden sechs Sätze pro Abschnitt vorgegeben. Je schlechter und schmerzhafter etwas durchgeführt werden kann, desto mehr Punkte zwischen 0 bis 5 werden vergeben.

Die Auswertung des Fragebogens erfolgt über folgende Formel:

$$\text{ODI-Gesamtscore (\%)} = \frac{\text{erreichte Punkte} \times 100}{\text{maximal mögliche Punkte}} .$$

Dieser errechnete Gesamtscore ermöglicht die Beurteilung des aktuellen Allgemeinzustandes des Patienten sowie die alltägliche Beeinträchtigung (Mannion et al., 2006a; Mannion et al., 2006b; Sheahan et al., 2015).

Je höher der Wert des ODI-Gesamtscore, desto eingeschränkter fühlt sich der Patient. Vor allem im Verlauf dient der ODI als Messinstrument, um nachzuvollziehen, ob sich eine Änderung ergeben hat.

Für den Fall, dass die Beantwortung einer Kategorie nicht möglich ist, reduziert sich die maximal mögliche Punktzahl um entsprechend 5 Punkte. So sind die Prozentangaben weiterhin miteinander vergleichbar.

### 1.7. Hintergrund und Ziel der Arbeit

Rückenschmerzen gehören in der täglichen Praxis zu den sehr häufig angegebenen Beschwerden (Bundesärztekammer, 2017; Wenig et al., 2009). Es zeigte sich, dass die meisten Betroffenen nach 12-monatiger konservativer Behandlung weiterhin unter Schmerzen litten und auch viele Rückfälle festgestellt werden mussten. Dies führte bei einem Drittel der Patienten zur Arbeitsunfähigkeit. Bei diesen Untersuchungen wurde auch festgestellt, dass ursächlich für einen hohen Prozentsatz der Dorsopathien degenerative Wirbelsäulenveränderungen (z.B. Nukleus pulposus Prolaps, Spinalkanalstenose) sind. Außerdem werden bei vielen Patienten osteoporotisch bedingte Kompressionsfrakturen der Wirbelkörper als Ursache für die Beschwerden im Rückenbereich angesehen (Fanuele et al., 2000; Talaga et al., 2014). Patienten mit einer neuropathischen Schmerzkomponente sind vermehrt von einer Chronifizierung der Schmerzen betroffen und bedürfen einer angepassten medikamentösen Therapie, um konservative Therapieerfolge zu erzielen (Cohen und Mao, 2014; Deutsche Gesellschaft für Neurologie, 2012). Entscheidend ist es daher, diese Patienten frühzeitig zu identifizieren.

In der Orthopädischen Klinik werden viele Patienten mit Rückenbeschwerden unterschiedlicher Genese behandelt. Häufig besteht eine lange Schmerzanamnese mit konservativen Behandlungsmaßnahmen, ohne dass den Patienten ausreichend geholfen werden konnte, sodass sie sich nach ausgiebiger Beratung zu einer Operation entschließen. Für eine operative Versorgung kommen hauptsächlich Patienten mit Wirbelkörperfraktur und mit Wirbelsäulenschäden wie Nukleus pulposus Prolaps und bzw. oder spinalem Kompressionssyndrom infrage. Auch unter dem Aspekt der

postoperativen Prognose erscheint es wichtig, die Art der Rückenschmerzen zu identifizieren.

Zunächst wurde eine allgemeine und krankheitsspezifische Anamnese erhoben, wobei auch nach funktionellen Beeinträchtigungen, Schmerzausstrahlungen und nach bisherigen Behandlungsmaßnahmen gefragt wurde. Die Schmerzlokalisationen wurden bei der Aufnahmeuntersuchung möglichst genau erfasst.

Um die Symptome bei Patienten mit neuropathischen Schmerzen von denen mit nozizeptiven Schmerzen qualitativ und quantitativ zu differenzieren, hat sich der painDetect-Bogen bewährt (Freyenhagen et al., 2011).

Für die Bestimmung der Schmerzstärke wurden die Visuelle Analogskala (VAS) und die Numerische Schmerzskala (NRS) von 0 bis 10 genutzt. Ergänzt wurden die Datenerhebungen durch den Oswestry Disability Index (ODI), der sich als Instrument zur Dokumentation von alltäglichen Beeinträchtigungen der Patienten im Alltag bewährt hat (Sheahan et al., 2015; Stratford et al., 2000; Tal-Akabi und Oesch, 2007).

#### Fragestellung

Es wurde eine Vergleichsstudie geplant, bei der die quantitativen und qualitativen Variablen für nozizeptive und neuropathische Schmerzen bei Patienten mit Wirbelkörperfraktur (WKF) und Patienten mit anderen Erkrankungen der Wirbelsäule (non-WKF) verglichen werden sollten. Für die non-WKF-Gruppe wurden Patienten mit Nukleus pulposus Prolaps (NPP) bzw. spinalen Kompressionen (SKS) gewählt. Als Hauptzielgröße galt der Anteil an Patienten, bei denen gemäß Score-Endsummen des painDetect-Bogens eine Beurteilung hinsichtlich der Beteiligung einer neuropathischen Schmerzkomponente vorgenommen werden konnte.

## **2. Methoden**

### **2.1. Patientenauswahl**

Zwischen Januar 2013 und August 2014 wurden in der Klinik und Poliklinik für Orthopädie und Unfallchirurgie des Universitätsklinikums Bonn 141 Patienten mit schmerzhaften Rückenbeschwerden für eine nicht-interventionelle Studie ausgewählt, bei denen ein operativer Eingriff als notwendig erachtet wurde. Für die vergleichende Auswertung wurden die Daten von zwei Patienten wegen nicht zutreffender Einschlusskriterien ausgeschlossen.

Die Patienten waren vor den Operationen konservativ behandelt worden, ohne dass ihre Schmerzen und ihr Leidensdruck entscheidend gebessert werden konnten. Die Patienten wurden im Rahmen der in der Klinik standardisierten Vorgehensweise über Erfolgsaussichten und Risiken der bevorstehenden operativen Eingriffe ausführlich aufgeklärt. Neben ihrer Einwilligungserklärung zur Operation wurden sie gebeten, eine Einwilligungserklärung zu unterschreiben, dass ihre während dieser Studie erhobenen Daten in pseudonymisierter Form für eine statistische Auswertung und für eine Veröffentlichung verwendet werden dürfen.

Die Ethik-Kommission der Medizinischen Fakultät der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn hatte mit einem Schreiben vom 27.12.2012 erklärt, dass gegen die Studie unter der Bezeichnung: „painDetect in der Orthopädie“ keine grundsätzlichen berufsethischen oder berufsrechtlichen Bedenken erhoben werden (Ifd. Nr. 312/12).

### **2.2. Gruppeneinteilung und Befunderhebung**

Die Diagnosen wurden anhand der Anamnese, der klinischen Aufnahmebefunde und mit Hilfe von bildgebenden Verfahren (Röntgen, CT, MRT) gestellt. Die Studienteilnehmer wurden aufgrund der präoperativ fachärztlich erhobenen Diagnosen zunächst in zwei Gruppen unterteilt:

- Gruppe 1: Patienten mit Wirbelkörperfraktur in maximal drei Etagen (WKF)  
Gruppe 2: Patienten ohne Wirbelkörperfraktur (non-WKF): Patienten mit Nukleus pulposus Prolaps (NPP) oder mit spinalem Kompressionssyndrom (SKS).

Patienten, die gleichzeitig mehr als drei Wirbelkörperfrakturen erlitten haben und somit in mehr als drei Etagen betroffen sind, wurden in die Studie nicht eingeschlossen.

Bei der Auswertung der Hauptzielgröße (Score-Endsumme im painDetect-Bogen) konnten präoperativ signifikante Unterschiede zwischen beiden Gruppen ermittelt werden. Diese Resultate waren der Anlass, das Datenmaterial weiterer Auswertungen zu unterziehen, um zu testen, inwieweit sich die Schmerzen bei den Patientengruppen mit nachgewiesenen Nukleus pulposus Prolaps und spinalem Kompressionssyndrom untereinander und auch im Vergleich mit der Gruppe 1 unterscheiden. Präoperativ wurden daher 3 Gruppen gebildet:

- Gruppe 1: Patienten mit Wirbelkörperfraktur in maximal drei Etagen (WKF)  
Gruppe 2: Patienten mit Nukleus pulposus Prolaps (NPP)  
Gruppe 3: Patienten mit spinalem Kompressionssyndrom (SKS)

Bei den postoperativen Daten kam es zu einer signifikanten Verringerung der Schmerzintensitäten und einer deutlichen Verbesserung der Funktionsfähigkeit in allen drei Gruppen. Die Intensitäten der einzelnen Variablen waren in einem solchen Maße vermindert, dass postoperativ kein gruppenspezifisches Profil mehr erstellt werden konnte. Daher erfolgten alle postoperativen Auswertungen in zwei Gruppen (WKF und non-WKF).

Im Zusammenhang mit dieser Studie wurden keine diagnostischen oder therapeutischen Maßnahmen vorgesehen oder vorgenommen, die über das hinausgingen, was im Rahmen der medizinischen Versorgung der Patienten in der Klinik üblich ist.

Entsprechend der Diagnosestellung wurde über das notwendige operative Verfahren entschieden, wobei die Radiofrequenz-Kyphoplastie bei Patienten mit Wirbelkörperfraktur, die Nukleotomie bei Patienten mit Nukleus pulposus Prolaps und



die Spondylodese bei Patienten mit spinalem Kompressionssyndrom durchgeführt wurden.

Für die Beurteilung der präoperativen Ausgangsbefunde und der Kontrollbefunde nach den Operationen (2 – 3 Tage postoperativ, nach sechs Wochen und nach sechs Monaten) wurden die erhobenen Daten erfasst. Hierzu wurden die Befunde in eigens erstellten Studienbogen mit Angaben zur Anamnese, Aufnahmebefunde und präoperativer Medikation, in painDetect-Bogen (Freyenhagen et al., 2006a; Freyhagen et al., 2005), in Bogen zur Dokumentation der Schmerzintensitäten an Rücken, Beinen und Hüften, sowie in Oswestry Disability Index-Bogen (Fairbank, 2000; Mannion et al., 2006a) aufgenommen. Die Intensität der Schmerzen wurde sowohl mit Hilfe von Visuellen Analogskalen (VAS: 0 – 100 mm) erfasst, als auch ordinal mit Zahlen von 0 – 10 bestimmt (Numerische Schmerzskala).

Im Rahmen einer Pilotstudie in der Arbeitsgruppe wurde bei einem Teil der Patienten präoperativ und postoperativ (sechs Wochen und sechs Monate) die Vitamin D-Plasmakonzentration mittels Chemilumineszenzimmunoassay bestimmt. Die Bestimmung der Vitamin D-Konzentration in dieser Studie ist nicht als sekundärer Endpunkt anzusehen.

### 2.3. Auswertung Fragebogen

Entsprechend der Definition im validierten painDetect-Bogen wurden bei Werten von 13 – 18 die Beurteilungen „nicht eindeutig“ und bei  $> 18$  „wahrscheinlich“ (in mehr als 90 % der Fälle) festgelegt.

Demensprechend wurden als Hypothesen für die Hauptzielgröße vorgegeben:

$H_0$ : Score-Endsumme Gruppe 1 = Score-Endsumme Gruppe 2

$H_1$ : Score-Endsumme Gruppe 1  $\neq$  Score-Endsumme Gruppe 2

Bei Signifikanzniveaus von  $\alpha = 0,05$  und  $\beta = 0,10$  war für einen klinisch relevanten Unterschied eine Fallzahl von 2 x 65 Patienten geschätzt worden.

Als weitere Zielgrößen waren festgelegt worden:

1. Gegenüberstellung der Score-Endsummen des painDetect-Bogens prä- und postoperativ;
2. Gegenüberstellung der Einzelsymptome im painDetect-Bogen prä- und postoperativ;
3. Vergleiche der ODI-Gesamtscores prä- und postoperativ;
4. Vergleiche der ODI-Einzelkomponenten prä- und postoperativ;
5. Vergleich der Schmerzintensitäten (VAS) an Rücken, Beinen und Hüften prä- und postoperativ.

#### 2.4. Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung wurde dankenswerterweise von Herrn Dr. Ernst M. W. Koch und seinem Team, Alsbach, Deutschland vorgenommen. Hierzu wurden alle Daten in das Programm BiAS (H. Ackermann, Frankfurt) übertragen. Für die statistischen Berechnungen wurde als Grenzwert  $p = 0,05$  festgelegt.

Es wurden folgende Verfahren angewandt:

1. Berechnung von Mittelwert, Standardabweichung und Konfidenzintervall (95 %) für parametrische Werte.
2. Berechnung von Median, Quartile 1 – 3 sowie Minimum – Maximum für nicht-parametrische Werte.
3. Welsh-Test für Gruppenvergleiche mit parametrischen Werten und heterogenen Varianzen. Dazu wurden Berechnungen von Effektstärke Cohens  $d$  mit gepoolter Varianz vorgenommen ( $d: 0,2 =$  geringe,  $d: 0,5 =$  mittlere,  $d: \geq 0,8 =$  hohe Effektstärke).
4. Mann-Whitney-U-Test für Gruppenvergleiche mit nicht-parametrischen Werten, dazu Effektstärke nach Rosenthal  $r$  ( $r: 0,1 =$  schwache,  $r: 0,3 =$  mittlere,  $r: \geq 0,5 =$  hohe Effektstärke). Bei nicht-parametrischen Paarvergleichen wurde der Wilcoxon matched-pairs-Test angewendet.
5. Die Differenzen wurden entsprechend des Hodges-Lehmann-Schätzer berechnet.

6. Für die Berechnung von Kontingenztafeln wurde der Cochran-Mantel-Haenszel-Test verwendet (Berechnung von Chi-Quadrat).
7. Die Analyse von Korrelationen erfolgte nach Spearman.

Zusätzlich wurde zur optimalen Trennung der Gruppen die Lineare Diskriminanzanalyse durchgeführt. Mit der Faktorenanalyse wurde versucht, eine Anzahl von Variablen mit Hilfe von Korrelationsmatrices zu beschreiben (Ackermann, 1992; Hartung, 2002).

### 3. Ergebnisse

#### 3.1. Präoperative Befunde

##### 3.1.1. Aufnahmebefunde

Anhand der klinischen Aufnahmebefunde sowie der Auswertung von Röntgenbildern, Computertomografie und Magnetresonanztomografie wurde eine Unterteilung in drei Diagnosegruppen vorgenommen:

- Gruppe 1: Patienten mit Wirbelkörperfraktur, n = 62 (45 % der Patienten),
- Gruppe 2: Patienten mit Nukleus pulposus Prolaps, n = 48 (34 % der Patienten)
- Gruppe 3: Patienten mit spinalem Kompressionssyndrom, n = 29  
(21 % der Patienten)

Die Patientendaten sind, unterteilt in die drei Diagnosegruppen, in Tabelle 1 zusammengestellt. Bei der Genderverteilung ergab sich ein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen 1 und 2 bzw. 1 und 3 sowie zwischen den Gruppen 2 und 3 ( $p < 0,05$ ). Das Durchschnittsalter zeigte gesicherte Unterschiede zwischen den Gruppen 1 und 2 ( $p < 0,0001$ ), 1 und 3 ( $p = 0,002$ ), und 2 und 3 ( $p < 0,0001$ ). Die Werte des Body Mass Index (BMI) lagen in Gruppe 3 durchschnittlich etwas höher als in den Vergleichsgruppen, der Unterschied war jedoch nicht signifikant.

Die durchschnittlich niedrigen Vitamin D-Konzentrationen erlauben keinen Rückschluss auf Zusammenhänge zwischen einem Mangel an Vitamin D und den Dorsopathien. Ein signifikanter Unterschied zwischen den drei Gruppen kann nicht nachgewiesen werden.

Als Lokalisation der Schmerzempfindungen wurde von den Patienten mit Wirbelkörperfraktur (Gruppe 1) in 20 Fällen (33 %) der thorakale Bereich und in 26 Fällen (43 %) der Lendenwirbelsäulenbereich angegeben. Die restlichen Patienten klagten über weiter ausgedehnte Schmerzareale. Patienten mit Nukleus pulposus Prolaps oder mit spinalem Kompressionssyndrom gaben als schmerzhaften Bereich hauptsächlich die Lendenwirbelsäule an (Gruppe 2: n = 36  $\hat{=}$  75 %; Gruppe 3: n = 20  $\hat{=}$  69 %). Bei weiteren 25 % (Gruppe 2) bzw. 31 % (Gruppe 3) wurden Beschwerden kombiniert in Brust- und Lendenwirbelsäule angegeben.

**Tab. 1:** Vergleich der präoperativ erhobenen Aufnahmebefunde der drei Patientengruppen. Es zeigte sich je ein signifikanter Unterschied in der Geschlechterverteilung ( $p < 0,05$ ) und im Alter ( $p < 0,01$ ). Ebenfalls differierten die Gruppen bei der Schmerzdauer und den Schmerzlokalisationen. Die Vitamin D-Konzentration war in allen 3 Gruppen im Vergleich zum Normwert ( $\geq 20$  ng/ml) deutlich erniedrigt. (MW = Mittelwert, SD = Standardabweichung)

<b>Aufnahmebefund</b>	<b>Gruppe 1 (WKF)</b>	<b>Gruppe 2 (NPP)</b>	<b>Gruppe 3 (SKS)</b>
Gesamtanzahl n (%)	62 (45 %)	48 (34 %)	29 (21 %)
weiblich: n (%)	55 (89 %)	22 (46 %)	20 (69 %)
männlich: n (%)	7 (11 %)	26 (54 %)	9 (31 %)
Alter (Jahre): MW $\pm$ SD	71,6 $\pm$ 9	47 $\pm$ 12	63,6 $\pm$ 11
BMI (kg/m <sup>2</sup> ): MW $\pm$ SD	26,7 $\pm$ 4	26,7 $\pm$ 5	29,2 $\pm$ 5
Schmerzdauer (Wochen): MW $\pm$ SD	9,5 $\pm$ 12	19,4 $\pm$ 29	68 $\pm$ 70
<b>Schmerzlokalisierung: n (%)</b>			
Brustwirbelsäule	20 (33 %)	0	0
Lendenwirbelsäule	26 (43 %)	36 (75 %)	20 (69 %)
Brust- und Lendenwirbelsäule	15 (24 %)	12 (25 %)	9 (31 %)
<b>Vitamin D-Serumkonzentration</b> (ng/ml); MW $\pm$ SD	18,1 $\pm$ 12,6 n = 41	19,3 $\pm$ 12,2 n = 37	16,2 $\pm$ 1,9 n = 22

### 3.1.2. Auswertung painDetect-Bogen

Die Schmerzintensitäten im painDetect-Bogen wurden in drei Kategorien unterteilt: akut, maximal, durchschnittlich (Tabelle 2). Als akuter Schmerz wurde der bei der Befunderhebung bestehende Schmerz definiert.

Der maximale Schmerz und die durchschnittliche Schmerzintensität bezogen sich auf den Zeitraum der letzten vier Wochen. Es konnten keine Unterschiede der Medianwerte zwischen den drei Gruppen präoperativ errechnet werden.

**Tab. 2:** Vergleich der Mediane der präoperativen Schmerzintensitäten im painDetect-Bogen. Die Angaben erfolgen in Ordinalskalen 0 – 10 (0 kein Schmerz, 10 maximaler Schmerz). Der akute Schmerz bezieht sich auf den Erhebungszeitpunkt. Der maximale Schmerz und die durchschnittliche Schmerzintensität beziehen sich auf einen Zeitraum der letzten 4 Wochen. Ein statistisch signifikanter Unterschied ließ sich zwischen den Gruppen nicht nachweisen. (Q1 = Quartil 1, Q3 = Quartil 3)

	<b>Gruppe 1</b> Median (Q1 – Q3)	<b>Gruppe 2</b> Median (Q1 – Q3)	<b>Gruppe 3</b> Median (Q1 – Q3)
<b>Akuter Schmerz</b>	6 (5 – 8)	5,5 (4 – 7,8)	6 (4,5 – 8)
<b>Maximaler Schmerz</b>	9 (8 – 10)	9 (8 – 10)	9 (7 – 10)
<b>Durchschnittliche Schmerzintensität</b>	7 (5 – 8)	7 (5 – 8)	7 (5 – 8)

Die Angaben zum Schmerzverlauf (Tabelle 3) deuten darauf hin, dass besonders die Patienten mit Nukleus pulposus Prolaps (Gruppe 2) unter häufigen Schmerzattacken zu leiden haben. Eine Schmerzausstrahlung bis in die Extremitäten wurde vermehrt bei Patienten mit Nukleus pulposus Prolaps und spinalem Kompressionssyndrom (Gruppe 2 und Gruppe 3) registriert. Bei der Schmerzausstrahlung in periphere Körperregionen traten statistisch signifikante Unterschiede zwischen Gruppe 1 und Gruppe 2 ( $p = 0,007$ ) auf. 96 % der Patienten der Gruppe 2 gaben an, dass ihre Schmerzen auch in weitere Regionen ausstrahlen würden. In der Gruppe 1 zeigten sich Ausstrahlungen der Schmerzen nur bei 74 %. Auch in Gruppe 3 gaben 93 % der Patienten eine Schmerzausstrahlung an, aufgrund der geringen Probandenzahl, konnte hier im Vergleich zur Gruppe 1 jedoch keine Signifikanz nachgewiesen werden.

**Tab. 3:** Präoperativer Schmerzverlauf und Ausstrahlung der Schmerzen erfasst im painDetect-Bogen im Vergleich der drei Patientengruppen. Ein statistisch signifikanter Unterschied fand sich lediglich beim Vergleich der Schmerzausstrahlungen in periphere Körperregionen zwischen Gruppe 1 und Gruppe 2. Die prozentualen Angaben beziehen sich auf die jeweilige Patientengruppe (Gruppe 1: n = 62, Gruppe 2: n = 48, Gruppe 3: n = 29). Chi-Quadrat-Test.

	<b>Gruppe 1</b> n (%)	<b>Gruppe 2</b> n (%)	<b>Gruppe 3</b> n (%)
<b>Dauerschmerzen mit leichten Schwankungen</b>	33 (56 %)	18 (40 %)	16 (57 %)
<b>Dauerschmerzen mit Schmerzattacken</b>	10 (17 %)	7 (16 %)	9 (32 %)
<b>Schmerzattacken dazwischen schmerzfrei</b>	16 (27 %)	17 (38 %)	3 (11 %)
<b>Schmerzattacken dazwischen Schmerzen</b>	0	3 (6 %)	0
<b>Schmerzausstrahlung in periphere Körperregionen<sup>[1]</sup></b>	45 (74 %)	45 (96 %)	27 (93 %)
Statistik <sup>[1]</sup>	Gruppe 1 vs. Gruppe 2 p = 0,007		

Die Auswertung der Score-Endsumme im painDetect-Bogen als Hauptzielgröße zeigt für die drei Diagnosegruppen einige statistisch signifikante Charakteristika, sodass eine Profilierung möglich wird (Tabelle 4). Somit ist Hypothese 1 erfüllt. Brennen, Kribbelgefühle sowie Taubheitsgefühle konnten präoperativ bei Patienten mit Wirbelkörperfraktur nicht nachgewiesen werden. Aus den statistischen Berechnungen ergaben sich für die einzelnen Symptome folgende statistisch signifikante Unterschiede:

<b>Brennen:</b>	Gruppe 1 vs. 2: r = 0,46; p < 0,00001 Gruppe 1 vs. 3: r = 0,38; p = 0,0003
<b>Kribbeln / Prickeln:</b>	Gruppe 1 vs. 2: r = 0,87; p < 0,00001 Gruppe 1 vs. 3: r = 0,49; p < 0,00001 Gruppe 2 vs. 3: r = 0,27; p = 0,03
<b>Blitzartige Attacken:</b>	Gruppe 1 vs. 2: r = 0,2; p = 0,04

**Taubheitsgefühl:** Gruppe 1 vs. 2:  $r = 0,5$ ;  $p < 0,00001$   
 Gruppe 1 vs. 3:  $r = 0,45$ ;  $p < 0,00001$

Damit bestätigt sich, dass im präoperativen Setting die sensorischen Phänomene wie Brennen, Kribbeln und Taubheitsgefühl in den Gruppen 2 und 3 statistisch signifikant häufiger auftreten, als in Gruppe 1. Dies kann als weiterer Hinweis auf eine vermehrte neuropathische Komponente gewertet werden.

**Tab. 4:** Vergleichende Analyse der präoperativen Schmerzcharakteristiken mit Testung auf eine neuropathische Schmerzsymptomatik im painDetect-Bogen. Bei einer Score-Endsumme von 0 – 12 ist eine neuropathische Schmerzkomponente eher unwahrscheinlich. Bei Werten zwischen 13 – 18 ist die Aussage nicht eindeutig, eine neuropathische Schmerzkomponente kann vorhanden sein. Bei einer Score-Endsumme über 18 ist eine neuropathische Schmerzkomponente mit > 90 % wahrscheinlich. Die Ergebnisse zeigen die Dominanz der neuropathischen Symptomatik in Gruppe 2 und 3 im Vergleich zur Gruppe 1 ( $p < 0,01$ ).

<b>Symptome</b>	<b>Gruppe 1 Median (Q1 – Q3)</b>	<b>Gruppe 2 Median (Q1 – Q3)</b>	<b>Gruppe 3 Median (Q1 – Q3)</b>
Brennen	<b>0</b> (0 – 0)	<b>1,5</b> (0 – 4)	<b>1</b> (0 – 3)
Kribbeln / Prickeln	<b>0</b> (0 – 0)	<b>4</b> (2 – 4)	<b>3</b> (0 – 4)
Berührungsschmerz	<b>0</b> (0 – 3)	<b>1</b> (0 – 3)	<b>0</b> (0 – 3)
Blitzartige Schmerzattacken	<b>3</b> (0 – 4)	<b>4</b> (3 – 4)	<b>3</b> (0 – 4)
Schmerzen bei Kälte / Wärme	<b>0</b> (0 – 1)	<b>0</b> (0 – 2)	<b>0</b> (0 – 4)
Taubheitsgefühl	<b>0</b> (0 – 0)	<b>3</b> (3 – 4)	<b>3</b> (0 – 4)
Druckschmerzen	<b>3</b> (1 – 4)	<b>3</b> (0 – 4)	<b>3</b> (0 – 4)
Score-Summe	<b>8</b> (5 – 11)	<b>16</b> (11 – 21)	<b>13</b> (9 – 18)
<b>Score-Endsumme</b>	<b>9</b> (7 – 12)	<b>18</b> (13 – 23)	<b>14</b> (10 – 20)

Beim Vergleich der Score-Endsummen wurden jeweils gesicherte Differenzen (Hodges-Lehmann-Schätzer  $\Delta$ ) unter Berücksichtigung der Effektstärke nach Rosenthal festgestellt:

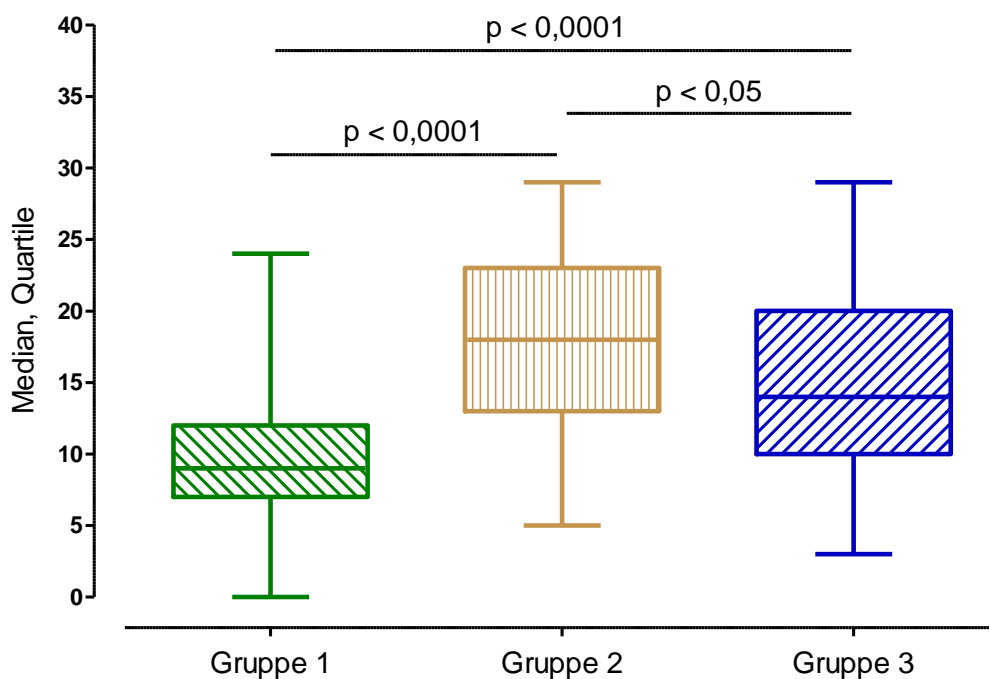


Gruppe 1 vs. Gruppe 2:  $\Delta = 8$ ; Effektstärke  $r = 0,6$ ;  $p < 0,0001$

Gruppe 1 vs. Gruppe 3:  $\Delta = 5$ ; Effektstärke  $r = 0,37$ ;  $p = 0,0004$

Gruppe 2 vs. Gruppe 3:  $\Delta = 3$ ; Effektstärke  $r = 0,22$ ;  $p = 0,05$

Die Ergebnisse der Berechnung der Effektstärke nach Rosenthal bestätigen den gesicherten Einfluss der Affektion des Nervensystems durch Nucleus pulposus Prolaps bzw. Spinalkanalstenosen auf die neuropathische Schmerzsymptomatik. Die Score-Endsummen zeigen die Dominanz der neuropathischen Symptomatik in den Gruppen 2 und 3.



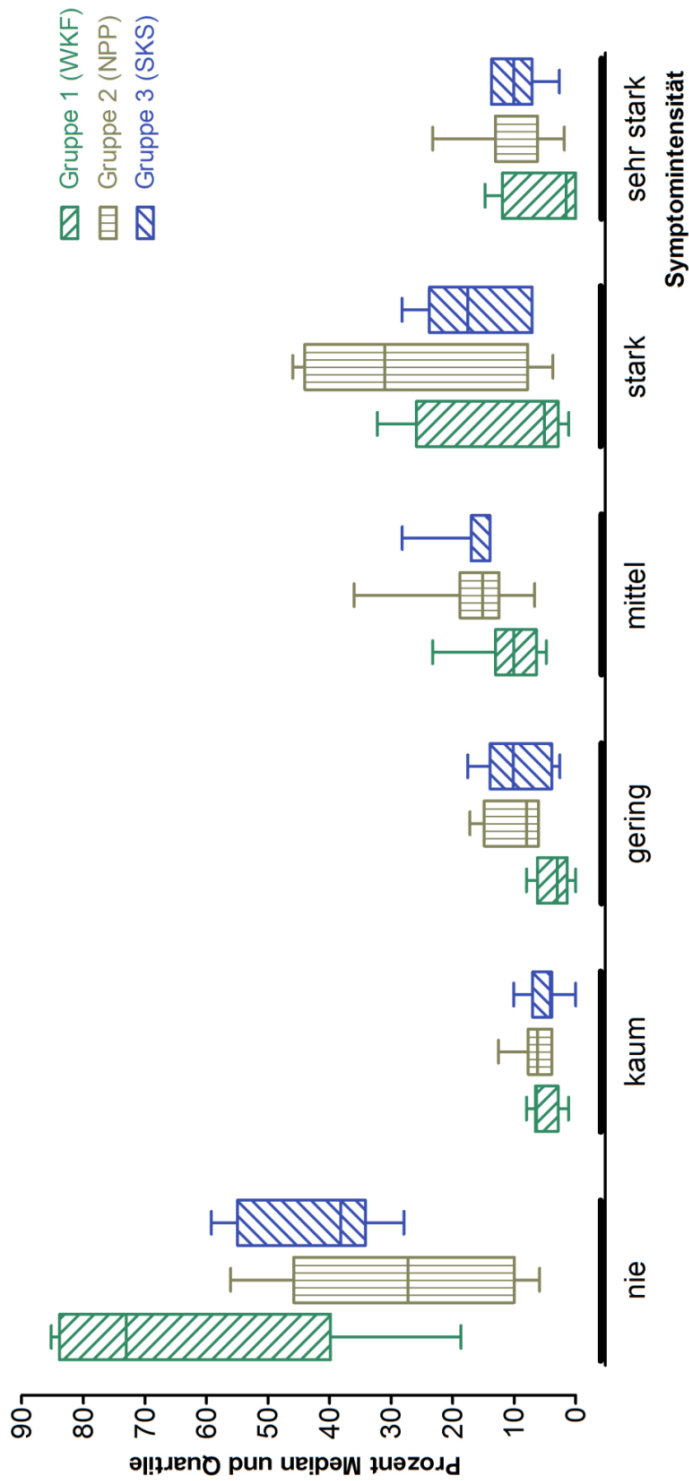
**Abb. 2:** Vergleich der präoperativen Score-Endsummen im painDetect-Bogen. Deutlich wird, dass die neuropathische Komponente in Gruppe 1 (Median 9), im Vergleich zu Gruppe 2 (Median 18) und Gruppe 3 (Median 14) statistisch signifikant geringer ist. Auch zwischen Gruppe 2 und Gruppe 3 kann ein statistisch signifikanter Unterschied errechnet werden.

Die Variablen der Kastengrafik verdeutlichen noch einmal, dass in der Gruppe 1 die Beteiligung einer neuropathischen Komponente deutlich unwahrscheinlicher ist als in den Vergleichsgruppen 2 und 3, die sich außerdem statistisch signifikant voneinander unterscheiden (Abbildung 2).

In Gruppe 2 lag bei 45,8 % der Patienten und in Gruppe 3 bei 34,5 % der Patienten mit hoher Wahrscheinlichkeit (> 90 %) eine neuropathische Komponente vor. Bei Patienten der Gruppe 1 waren es hingegen nur 3,2 % der Patienten, die eine Score-Endsumme von über 18 aufwiesen.

Ein Vergleich des prozentualen Anteils der Summen für alle Intensitäten (Abbildung 3) verdeutlicht die gesicherten Unterschiede zwischen allen Gruppen. Es zeigt sich, dass eine neuropathische Schmerzkomponente bei Patienten mit Nukleus pulposus Prolaps bzw. mit spinalem Kompressionssyndrom stärker ausgeprägt ist, als bei Patienten mit Wirbelkörperfraktur.

Die zusätzliche Auswertung des jeweiligen Anteils von Patienten mit den Symptomintensitäten von 0 (nie) bis 5 (sehr stark) bestätigt diese Unterschiede (Tabelle 5). Insgesamt enthält Gruppe 2 einen größeren Anteil an Patienten mit starken bis sehr starken Symptomintensitäten als die Gruppe 3. So gaben in Gruppe 1 etwa 63 % der Patienten an, nie eines der sieben Symptome des painDetect-Bogens registriert zu haben. Während diese Angabe in Gruppe 2 bei 28 % und in Gruppe 3 bei 42 % der Befragten erfolgte.



**Abb. 3:** Auswertung aller präoperativen Symptomintensitäten im painDetect-Bogen von 0 (nie) bis 5 (sehr stark) im Gruppenvergleich. Signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen können bei den Angaben „nie“, „stark“ und „sehr stark“ errechnet werden.

Die statistisch signifikanten Unterschiede zeigen sich besonders bei folgenden Angaben:

<b>Brennen:</b>	Gruppe 1 vs. Gruppe 2: $p < 0,00001$
	Gruppe 1 vs. Gruppe 3: $p = 0,002$
<b>Kribbeln / Prickeln:</b>	Gruppe 1 vs. Gruppe 2: $p < 0,00001$
	Gruppe 1 vs. Gruppe 3: $p < 0,00001$
	Gruppe 2 vs. Gruppe 3: $p = 0,03$
<b>Blitzartige Schmerzattacken:</b>	Gruppe 1 vs. Gruppe 2: $p = 0,0002$
	Gruppe 2 vs. Gruppe 3: $p = 0,005$
<b>Schmerzen bei Kälte / Wärme:</b>	Gruppe 1 vs. Gruppe 3: $p = 0,05$
<b>Taubheitsgefühl:</b>	Gruppe 1 vs. Gruppe 2: $p < 0,00001$
	Gruppe 1 vs. Gruppe 3: $p < 0,00001$

**Tab. 5:** Gegenüberstellung der präoperativ ermittelten Daten der drei Patientengruppen entsprechend den Intensitäten aller Symptome (0 – 5) im painDetect-Bogen. Vergleich der Anzahl der Patienten in den drei Gruppen, absolut und prozentual, gemäß der im painDetect-Bogen definierten Symptomintensitäten. (Gruppe 1 (WKF):  $n = 62$ , Gruppe 2 (NPP):  $n = 48$ , Gruppe 3 (SKS):  $n = 29$ ).

Symptome n = Patientenzahl	Symptomintensitäten					
	0 n (%)	1 n (%)	2 n (%)	3 n (%)	4 n (%)	5 n (%)
<b>Brennen</b>						
Gruppe 1	52 (84)	1 (1,5)	0	5 (8)	3 (5)	1 (1,5)
Gruppe 2	18 (38)	6 (12,5)	3 (6)	6 (12,5)	12 (25)	3 (6)
Gruppe 3	13 (45)	2 (7)	3 (10)	5 (17)	4 (14)	2 (7)
<b>Kribbeln / Prickeln</b>						
Gruppe 1	48 (77)	2 (3)	5 (8)	4 (6,5)	2 (3)	1 (2)
Gruppe 2	5 (10)	2 (4)	7 (15)	9 (19)	22 (46)	3 (6)
Gruppe 3	8 (28)	1 (3)	5 (17)	8 (28)	5 (17)	2 (7)
<b>Berührungsschmerz</b>						
Gruppe 1	38 (61)	4 (6,5)	4 (6,5)	6 (10)	7 (11)	3 (5)
Gruppe 2	22 (45)	4 (8)	7 (15)	8 (17)	4 (8)	3 (6)
Gruppe 3	17 (59)	3 (10)	2 (7)	4 (14)	2 (7)	1 (3)
<b>Blitzartige Schmerzattacken</b>						
Gruppe 1	25 (40)	4 (6,5)	2 (3)	8 (13)	16 (26)	7 (11)
Gruppe 2	3 (6)	2 (4)	4 (8)	7 (15)	21 (44)	11 (23)
Gruppe 3	10 (34)	1 (3)	3 (10)	4 (14)	7 (24)	4 (14)

**Schmerzen bei Kälte / Wärme**

Gruppe 1	<b>45</b> (73)	<b>5</b> (8)	<b>2</b> (3)	<b>7</b> (11)	<b>3</b> (5)	<b>0</b>
Gruppe 2	<b>27</b> (56)	<b>3</b> (6)	<b>8</b> (17)	<b>7</b> (15)	<b>2</b> (4)	<b>1</b> (2)
Gruppe 3	<b>16</b> (55)	<b>2</b> (7)	<b>1</b> (3)	<b>4</b> (14)	<b>2</b> (7)	<b>4</b> (14)

**Taubheitsgefühl**

Gruppe 1	<b>51</b> (82)	<b>4</b> (6,5)	<b>1</b> (2)	<b>5</b> (8)	<b>1</b> (2)	<b>0</b>
Gruppe 2	<b>6</b> (12,5)	<b>2</b> (4)	<b>3</b> (6)	<b>17</b> (35)	<b>15</b> (31)	<b>5</b> (10)
Gruppe 3	<b>11</b> (38)	<b>1</b> (4)	<b>1</b> (4)	<b>5</b> (17)	<b>7</b> (24)	<b>4</b> (14)

**Druckschmerzen**

Gruppe 1	<b>12</b> (19)	<b>4</b> (6,5)	<b>2</b> (3)	<b>14</b> (23)	<b>21</b> (34)	<b>9</b> (14,5)
Gruppe 2	<b>13</b> (27)	<b>4</b> (8)	<b>4</b> (8)	<b>5</b> (10)	<b>16</b> (33)	<b>6</b> (12,5)
Gruppe 3	<b>10</b> (34)	<b>0</b>	<b>4</b> (14)	<b>4</b> (14)	<b>8</b> (28)	<b>3</b> (10)

Die Unterschiede zwischen den Gruppen konnten zusätzlich mithilfe der linearen Diskriminanzanalyse belegt werden (Tabelle 6).

**Tab. 6:** Diskriminanzanalyse der präoperativen Werte für alle sieben Symptome des painDetect-Bogens im Vergleich der drei Patientengruppen. Die Unterschiede zwischen den einzelnen Gruppen konnten hierdurch bestätigt werden.

	<b>Gruppe 1 vs. 2</b>	<b>Gruppe 1 vs. 3</b>	<b>Gruppe 2 vs. 3</b>
Gruppenmittelwerte der Diskriminanzfunktion	+4,3 – - 4,3	+2,0 – - 2,0	+0,5 – - 0,5
Prüfgröße F	p < 0,00001	p < 0,00001	p = 0,03
Wahrscheinlichkeit einer Fehlklassifikation	p = 0,07	p = 0,15	p = 0,31
Zuordnungsrate richtig (%)	92 vs. 88	89 vs. 87	73 vs. 59

Die Resultate der Faktorenanalyse (Tabelle 7) zeigen deutlich die Zusammenhänge verschiedener Merkmale vor allem für die Gruppe 2 (NPP). Die Güte der Klassifikation wurde mit  $MQ_{zwei}/MQ_{in} = 20,37$  bei df 1,6 berechnet.

**Tab. 7:** Faktorenanalyse auf gesicherte Korrelationen zwischen den einzelnen painDetect-Symptomen präoperativ im Gruppenvergleich. Korrelation der Symptome bei  $p < 0,05$ .

Symptome	Gruppe 1	Gruppe 2	Gruppe 3
<b>Brennen</b>	Berührungsschmerz Druckschmerzen	Kribbeln Berührungsschmerz Schmerzen bei Kälte / Wärme	Berührungsschmerz
<b>Kribbeln / Prickeln</b>	Taubheitsgefühl Druckschmerzen	Brennen Taubheitsgefühl Schmerzen bei Kälte / Wärme Berührungsschmerz	Blitzartige Schmerzattacken
<b>Berührungs- schmerz</b>	Brennen Druckschmerzen	Brennen Kribbeln Schmerzen bei Kälte / Wärme Druckschmerzen	Brennen
<b>Blitzartige Schmerzattacken</b>			Kribbeln Taubheitsgefühl
<b>Schmerzen bei Kälte / Wärme</b>	Taubheitsgefühl	Brennen Kribbeln Berührungsschmerz	
<b>Taubheitsgefühl</b>	Kribbeln Schmerzen bei Kälte / Wärme	Kribbeln	Blitzartige Schmerzattacken
<b>Druckschmerzen</b>	Brennen Kribbeln Berührungsschmerz	Berührungsschmerz	

### 3.1.3. Auswertung Visuelle Analogskala

Die Auswertung der Schmerzintensitäten (Tabelle 8) am Rücken, an Beinen und an Hüften ergab, dass die Patienten mit WKF stärkere Rückenschmerzen aufwiesen als die Patienten der Vergleichsgruppen.

Zwischen Gruppe 1 und Gruppe 2 lag die Differenz bei 21 mm ( $p = 0,0001$ ), Gruppe 1 und Gruppe 3 unterschieden sich um 11,5 mm ( $p = 0,05$ ). Wegen der großen Varianz waren die Differenzen an den übrigen Lokalisationen nicht immer eindeutig festzustellen. Am linken Bein ergaben sich gesicherte Unterschiede zwischen den Gruppen 1 und Gruppe 2 ( $p = 0,03$ ) sowie Gruppe 1 und Gruppe 3 ( $p = 0,008$ ). Auch an der linken Hüfte waren die Beschwerden in Gruppe 2 und Gruppe 3 größer als in Gruppe 1 ( $p = 0,02$ ). Die Schmerzstärke im rechten Bein war in Gruppe 1 deutlich geringer als in den Gruppen 2 und Gruppe 3 ( $p = 0,005$ ). Unterschiede zwischen Gruppe 2 und Gruppe 3 konnten nicht statistisch gesichert nachgewiesen werden.

**Tab. 8:** Vergleich der präoperativen Schmerzintensitäten verschiedener Lokalisationen der drei Patientengruppen. Die Angaben wurden mit der Visuellen Analogskala (0 – 100 mm) erfasst und beziehen sich auf die aktuelle Schmerzintensität zum Befragungszeitpunkt. (MW = Mittelwert, SD = Standardabweichung)

<b>Schmerzlokalisierung</b>	<b>Gruppe 1</b> MW $\pm$ SD	<b>Gruppe 2</b> MW $\pm$ SD	<b>Gruppe 3</b> MW $\pm$ SD
<b>Rücken</b>	70,9 $\pm$ 20	49,7 $\pm$ 30	59,5 $\pm$ 27
<b>Linkes Bein</b>	16,8 $\pm$ 28	37,6 $\pm$ 38	37,9 $\pm$ 36
<b>Linke Hüfte</b>	10,1 $\pm$ 21	24,5 $\pm$ 32	26,2 $\pm$ 34
<b>Rechtes Bein</b>	14,9 $\pm$ 24	35,6 $\pm$ 38	33,6 $\pm$ 29
<b>Rechte Hüfte</b>	12,3 $\pm$ 23	20,9 $\pm$ 29	25,6 $\pm$ 31

#### 3.1.4. Auswertung Oswesty Disability Index-Bogen

Zur Beurteilung der Lebensqualität und Einschränkungen der Patienten im Alltag durch die chronischen Schmerzen wurde der Oswesty Disability Index-Bogen (ODI) eingesetzt.

Für die Auswertung der Angaben im Oswestry Disability Index-Bogen lagen - außer bei der Frage nach dem Sexualleben - insgesamt vollständige Eintragungen vor, sodass der Index (%) mit hoher Relevanz berechnet werden konnte (Tabelle 9).

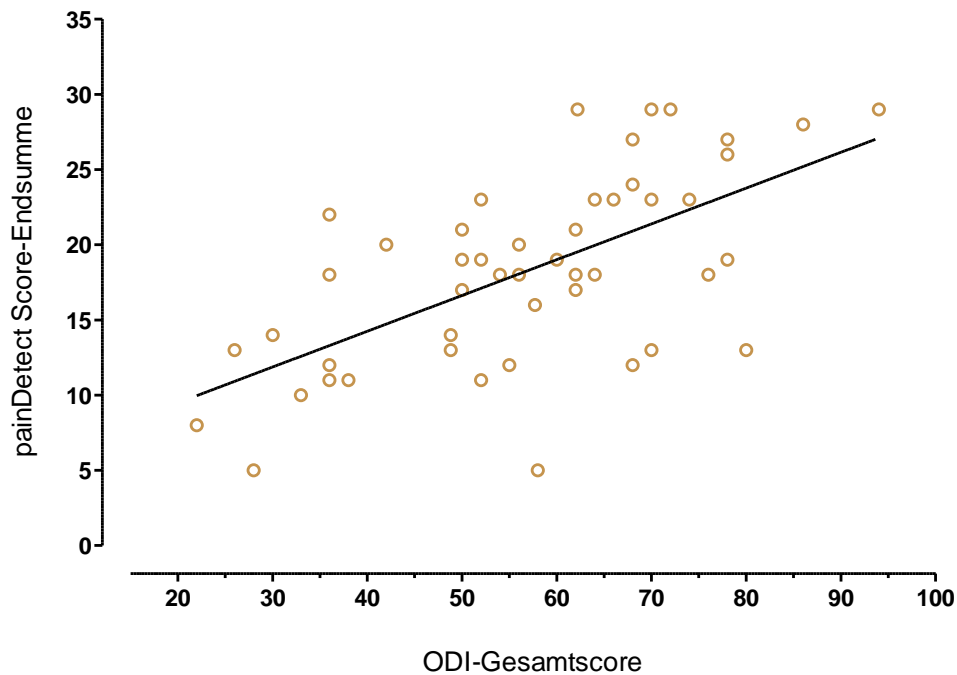
Ein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den ODI-Gesamtscores ließ sich präoperativ nicht feststellen.

**Tab. 9:** Vergleich der präoperativen Werte der Oswestry Disability Index-Bogen der drei Patientengruppen. Ein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen lässt sich weder in den einzelnen Teilbereichen, noch im ODI-Gesamtscore feststellen.

	<b>Gruppe 1</b> <b>Median (Q1 – Q3)</b>	<b>Gruppe 2</b> <b>Median (Q1 – Q3)</b>	<b>Gruppe 3</b> <b>Median (Q1 – Q3)</b>
Schmerzstärke	<b>3 (2 – 4)</b>	<b>3 (2 – 4)</b>	<b>3 (2 – 3)</b>
Körperpflege	<b>2 (2 – 3)</b>	<b>2 (1 – 2)</b>	<b>2 (1 – 2)</b>
Heben / Tragen	<b>4 (3 – 5)</b>	<b>3 (1 – 4)</b>	<b>3 (3 – 4)</b>
Gehen	<b>3 (2 – 3)</b>	<b>2 (2 – 3)</b>	<b>2 (1 – 3)</b>
Sitzen	<b>3 (2 – 3)</b>	<b>3 (2 – 4)</b>	<b>3 (2 – 4)</b>
Stehen	<b>4 (3 – 4)</b>	<b>3 (3 – 4)</b>	<b>4 (3 – 4)</b>
Schlafen	<b>1 (0 – 3)</b>	<b>2 (1 – 3)</b>	<b>1 (0 – 3)</b>
Sexualleben	<b>2 (0 – 5)</b>	<b>3 (2 – 5)</b>	<b>3 (1 – 5)</b>
Gesellschaft. Leben	<b>4 (3 – 4)</b>	<b>4 (3 – 4)</b>	<b>4 (3 – 4)</b>
Fahrten / Reisen	<b>4 (3 – 5)</b>	<b>4 (2 – 5)</b>	<b>3 (2 – 4)</b>
<b>ODI-Gesamtscore (%)</b>	<b>57 (48 – 68)</b>	<b>58 (49 – 70)</b>	<b>58 (42 – 65)</b>

Bei Patienten der Gruppe 2 (NPP) besteht eine gesicherte Korrelation zwischen der Score-Endsumme des painDetect-Bogens und dem ODI-Gesamtscore (Korrelationskoeffizient 0,69;  $p < 0,0001$ ); (Abbildung 4). In Gruppe 3 (SKS) deutete sich ebenfalls eine Korrelation an, jedoch konnte bei einer Patientenzahl von nur 30 keine statistische Signifikanz errechnet werden ( $p = 0,055$ ).





**Abb. 4:** Korrelation zwischen den präoperativen Werten der Score-Endsumme und dem ODI-Gesamtscore bei Gruppe 2 (NPP),  $n = 48$ ; Korrelationskoeffizient 0,69;  $p < 0,0001$ .

### 3.2. Direkt postoperativ erhobene Behandlungsergebnisse

#### 3.2.1. Allgemeine postoperative Auswertung

Die postoperative Auswertung ergibt eine statistisch signifikante Verringerung der Schmerzintensitäten und eine deutliche Verbesserung der Funktionsfähigkeit und Lebensqualität. Die Intensitäten der einzelnen Variablen sind so stark vermindert, dass keine gruppenspezifischen Profile mehr erstellt werden können.

Daher erfolgt die postoperative Auswertung in 2 Gruppen:

Gruppe 1: Patienten mit Wirbelkörperfraktur (WKF)

Gruppe 2: Patienten ohne Wirbelkörperfraktur (non-WKF): Nukleus pulposus Prolaps (NPP), spinales Kompressionssyndrom (SKS).

Entsprechend der klinischen und durch bildgebende Verfahren gesicherten Befunde wurden folgende Operationen vorgenommen:

Die Radiofrequenz-Kyphoplastie (44,6 %) wurde bei Patienten mit Wirbelkörperfraktur, die Nukleotomie (34,5 %) bei Patienten mit Nukleus pulposus Prolaps und die Spondylodese (20,9 %) bei Patienten mit spinalem Kompressionssyndrom durchgeführt. Die durchschnittliche Operationsdauer betrug bei den Patienten mit Wirbelkörperfraktur (Gruppe 1)  $34 \pm 29$  Minuten. Bei den Patienten der Gruppe 2 (non-WKF) wurden für die Eingriffe im Durchschnitt  $153 \pm 78$  Minuten benötigt, wobei vor allem die Operationen zur Beseitigung der Kompressionssyndrome im Durchschnitt fast vier Stunden dauerte. Die Entlassungen erfolgten in der Gruppe 1 postoperativ nach durchschnittlich  $4,4 \pm 2$  Tagen und in der Gruppe 2 nach durchschnittlich  $5,9 \pm 3$  Tagen.

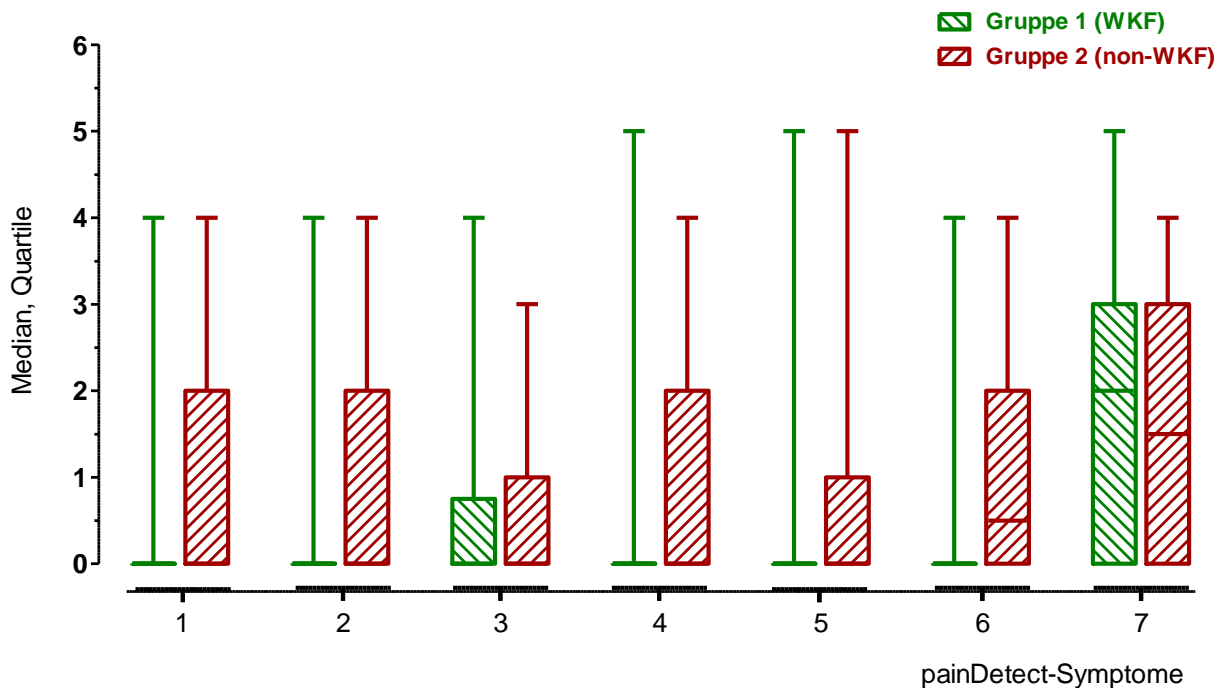
### 3.2.2. Auswertung painDetect-Bogen

Für die akuten Schmerzen wurden im painDetect-Bogen (Ordinalskala 1 – 10) folgende Median-Werte (Quartil 1 – Quartil 3) berechnet:

Gruppe 1 (WKF): 3 (Q1 – Q3: 2 – 5)

Gruppe 2 (non-WKF): 3 (Q1 – Q3: 2 – 4)

Im Vergleich mit den präoperativ erhobenen Daten zeigt sich in Gruppe 1 bei 84 % (51 Patienten) eine Verbesserung, in Gruppe 2 bei 86 % (63 Patienten). Die Effektstärke (Rosenthal)  $r$  beträgt 0,53 bzw. 0,60, was jeweils als großer Effekt definiert wird. Unterschiede bei der Schmerzlinderung zwischen beiden Gruppen können direkt postoperativ nicht nachgewiesen werden.



**Abb. 5:** Vergleich der painDetect-Symptome postoperativ zwischen beiden Patientengruppen. Statistisch signifikante Unterschiede finden sich bei 1, 2, 4, 5 und 7. Gruppe 1: n = 60, Gruppe 2: n = 78  
 1: Brenngefühl, 2: Kribbelgefühl, 3: Berührungsschmerz, 4: blitzartige Schmerzattacken, 5: Schmerzen bei Kälte / Wärme, 6: Taubheitsgefühl, 7: Druckschmerz

Direkt postoperativ kommt es zu einer Abnahme der Werte für die Einzelsymptome im painDetect-Bogen. Wie in Abbildung 5 dargestellt, zeigen sich in Gruppe 2 weiterhin statistisch signifikant höhere Werte für Brenngefühl ( $p = 0,02$ ), Kribbelgefühl ( $p < 0,001$ ), blitzartige Schmerzattacken ( $p = 0,047$ ), Kälte / Wärme ( $p < 0,049$ ) und Taubheitsgefühl ( $p < 0,001$ ) im Vergleich zur Gruppe 1.

Die Score-Endsummen im painDetect-Bogen liegen in Gruppe 1 bei  $5,0 \pm 4$  (Konfidenzintervall 95 %: 3,8 – 6,1) und in Gruppe 2 bei  $7,2 \pm 5$  (Konfidenzintervall 95 %: 6,1 – 8,4). Es kann direkt postoperativ noch immer ein statistisch signifikanter Unterschied zwischen beiden Gruppen nachgewiesen werden ( $p = 0,02$ ).

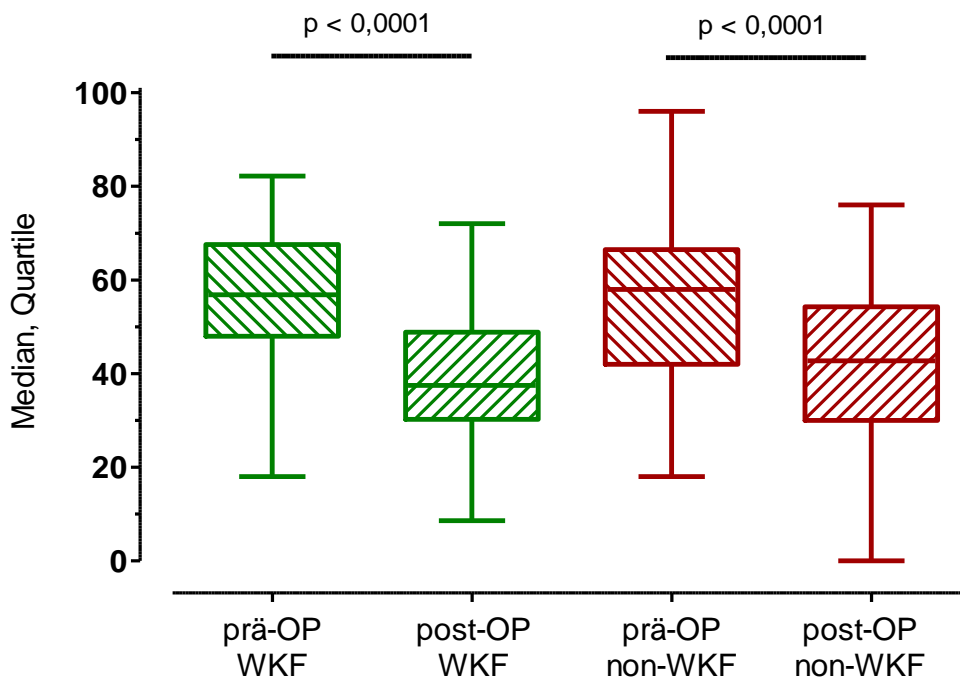
Die im Schmerzbogen dokumentierten Veränderungen für unterschiedliche Lokalisationen zeigen bei den Patienten in Gruppe 1 und in Gruppe 2 statistisch signifikante Verminderungen der Schmerzintensitäten – auch an Hüften und Beinen, sodass keine gruppenspezifischen Unterschiede mehr festgestellt werden können.

### 3.2.3. Auswertung Oswestry Disability Index-Bogen

Bei der Gegenüberstellung der Oswestry Disability Index-Gesamtscores vor und nach der Operation können keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Gruppen errechnet werden. Hierbei muss berücksichtigt werden, dass bei den Fragen nach Heben, Sexualleben, gesellschaftliches Leben und Reisen nur wenige Patienten direkt postoperativ relevante Auskünfte gegeben haben.

Insgesamt reduzieren sich die Medianwerte statistisch signifikant in Gruppe 1 um 30 % und in Gruppe 2 um 27 % (Abbildung 6), wobei vor allem die Angaben zu Schmerzen und Schlaf eine hohe Effektstärke zeigen.

	präoperativ	postoperativ	
Gruppe 1 (WKF)	56,8 ± 13	39,7 ± 15	p < 0,0001
Gruppe 2 (non-WKF)	56,1 ± 16,5	40,7 ± 17	p < 0,0001



**Abb. 6:** Vergleich der Oswestry Disability Index-Gesamtscores prä- und postoperativ der Gruppe 1 (WKF) und Gruppe 2 (non-WKF). Es zeigt sich in beiden Gruppen eine statistisch signifikante Abnahme des ODIs ( $p < 0,001$ ) postoperativ.

### 3.3. Nachuntersuchung 6 Wochen postoperativ

Insgesamt 15 Patienten nahmen an der Kontrolluntersuchung nach sechs Wochen nicht mehr teil, wobei in zwei Fällen zuvor eine Nachoperation vorgenommen werden musste. Fünf Patienten befanden sich zum Untersuchungstermin in der stationären Behandlung oder Rehabilitation bzw. Kurzzeitpflege. Die übrigen fünf Patienten verweigerten die weitere Teilnahme an der Studie. Zwei Patienten sind zum Termin nicht erschienen und waren nicht erreichbar, ein Patient war verstorben. Es ergibt sich eine Patientenzahl von 53 in Gruppe 1 und von 73 in Gruppe 2.

#### 3.3.1. Auswertung painDetect-Bogen

Im Vergleich der Schmerzintensitäten im painDetect-Bogen, angegeben in Ordinalskalen (0 – 10), können folgende Werte in Median (Quartil 1 – Quartil 3) erhoben werden:

Akuter Schmerz:

Gruppe 1: Median = 3 (0 – 9); Differenz zum Ausgangswert = 2,5; Effektstärke  $r = 0,61$

Gruppe 2: Median = 3 (0 – 9); Differenz zum Ausgangswert = 3,5; Effektstärke  $r = 0,62$

Maximaler Schmerz:

Gruppe 1: Median = 6 (0 – 10); Differenz zum Ausgangswert = 3; Effektstärke  $r = 0,6$

Gruppe 2: Median = 6 (0 – 10); Differenz zum Ausgangswert = 2,5; Effektstärke  $r = 0,58$

Durchschnittliche Schmerzintensität:

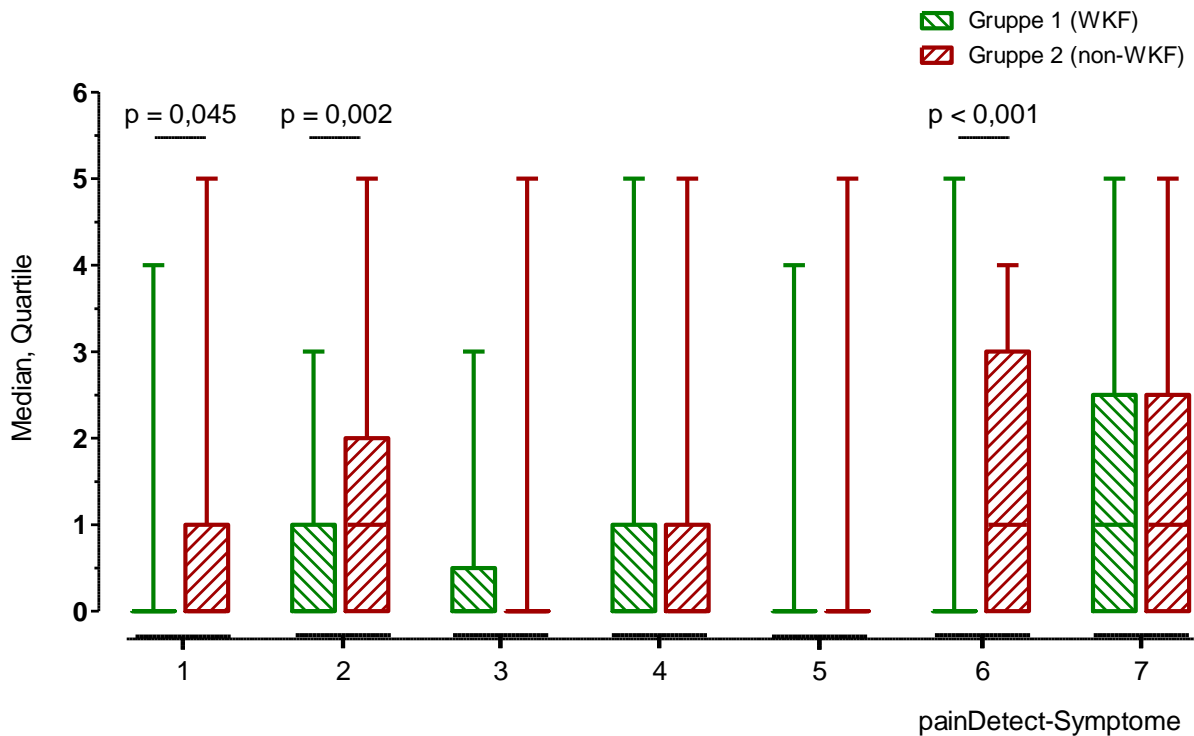
Gruppe 1: Median = 4 (0 – 10); Differenz zum Ausgangswert = 2,5; Effektstärke  $r = 0,59$

Gruppe 2: Median = 4 (0 – 10); Differenz zum Ausgangswert = 2,5; Effektstärke  $r = 0,6$

In beiden Gruppen wurden zwar zu allen angegebenen Schmerzintensitäten hohe Effektstärken nach Rosenthal  $r$  errechnet, ein statistisch signifikanter Unterschied zwischen beiden Gruppen besteht jedoch nicht.

Anhand der sechs Wochen nach OP erhobenen Daten können keine unterschiedlichen Profile für die Symptome im painDetect-Bogen mehr erstellt werden, die eine Unterscheidung zwischen nozizeptiven und neuropathischen Schmerzen gestatten.

Die Score-Endsummen liegen im Median bei 5 (Q1 – Q3: 2,5 – 8) in Gruppe 1 und bei 6 (Q1 – Q3: 3 – 11) in Gruppe 2, wobei sich eine Differenz von -1 ergibt. Ein statistisch signifikanter Unterschied zwischen beiden Gruppen besteht nicht.



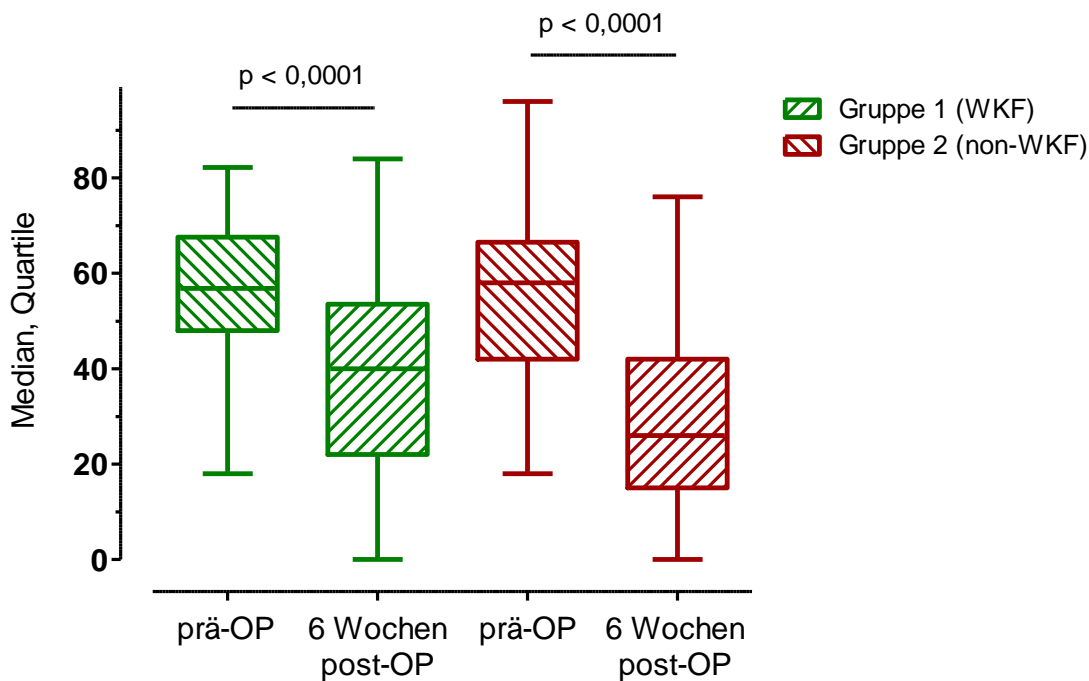
**Abb. 7:** Vergleich der painDetect-Symptome sechs Wochen postoperativ zwischen beiden Patientengruppen. Statistisch signifikante Unterschiede finden sich bei 1, 2 und 6. Gruppe 1: n = 53, Gruppe 2: n = 73  
 1: Brenngefühl, 2: Kribbelgefühl, 3: Berührungsschmerz, 4: blitzartige Schmerzattacken, 5: Schmerzen bei Kälte / Wärme, 6: Taubheitsgefühl, 7: Druckschmerz

In Abbildung 7 ist ersichtlich, dass hinsichtlich der Einzelsymptome im painDetect-Bogen sechs Wochen postoperativ zwischen den Gruppen nur noch geringe Unterschiede bestehen. Nur bei Brennen ( $p = 0,045$ ), Kribbeln ( $p = 0,002$ ) und Taubheitsgefühl ( $p < 0,001$ ) können noch statistisch signifikante Unterschiede dargestellt werden.

### 3.3.2. Auswertung Oswestry Disability Index-Bogen

In beiden Gruppen kam es sechs Wochen postoperativ zu einer statistisch signifikanten ( $p < 0,0001$ ) Abnahme der ODI-Gesamtscores im Vergleich zum präoperativen Befund (Abbildung 8).

In Gruppe 1 lag der ODI-Gesamtscore sechs Wochen postoperativ im Median bei 37,9 % (präoperativ 56,8 %), in Gruppe 2 bei 28,3 % (präoperativ 56,1 %). Es konnte ebenfalls ein statistisch signifikanter Unterschied zwischen beiden Gruppen festgestellt werden ( $p = 0,005$ ). Im Vergleich zu den direkt postoperativ erhobenen Werten (40,7 %) kam es in Gruppe 2 nochmals zu einer statistisch signifikanten Abnahme ( $p < 0,0001$ ) des ODI-Gesamtscores. In Gruppe 1 hingegen konnte zu den direkt postoperativen Ergebnis (39,7 %) keine weitere statistisch signifikante ( $p = 0,07$ ) Reduktion festgestellt werden.



**Abb. 8:** Vergleich der ODI-Gesamtscores in beiden Patientengruppen (WKF vs. non-WKF) präoperativ und sechs Wochen postoperativ. Es zeigt sich in beiden Gruppen eine statistisch signifikante Abnahme ( $p < 0,0001$ ).

#### 3.4. Nachuntersuchung 6 Monate postoperativ

Zur Befunderhebung sechs Monate postoperativ wurden zehn Patienten als Drop-outs eingestuft: zwei Patienten verweigerten die weitere Teilnahme an der Studie. Sechs Patienten erhielten eine erneute Operation zwei Patienten waren in der Zwischenzeit

verstorben. Somit ergab sich eine Patientenzahl von 49 in Gruppe 1 und von 67 in Gruppe 2.

Die Mittelwerte ( $\pm$  SD) der Vitamin D-Spiegel lagen zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung in Gruppe 1 (n = 28) bei  $27,4 \pm 17,8$  ng/ml und in Gruppe 2 (n = 39) bei  $23,1 \pm 10,3$  ng/ml, sodass trendmäßig unter Substitution von Vitamin D bei präoperativ diagnostiziertem Mangel, eine Verbesserung aufgetreten ist.

### 3.4.1. Auswertung painDetect-Bogen

Die Intensität der Schmerzen hat sich sechs Monate nach den Operationen deutlich verringert (Tabelle 10). In Gruppe 1 (n = 49) und Gruppe 2 (n = 67) vermindert sich der akute Schmerz bei 88 % bzw. 91 % der Patienten. Beim maximalen Schmerz geben in Gruppe 1 84 % und in Gruppe 2 91 % der Patienten eine Besserung an. Die durchschnittliche Schmerzintensität vermindert sich bei 86 % in Gruppe 1 und bei 94 % der Patienten in Gruppe 2.

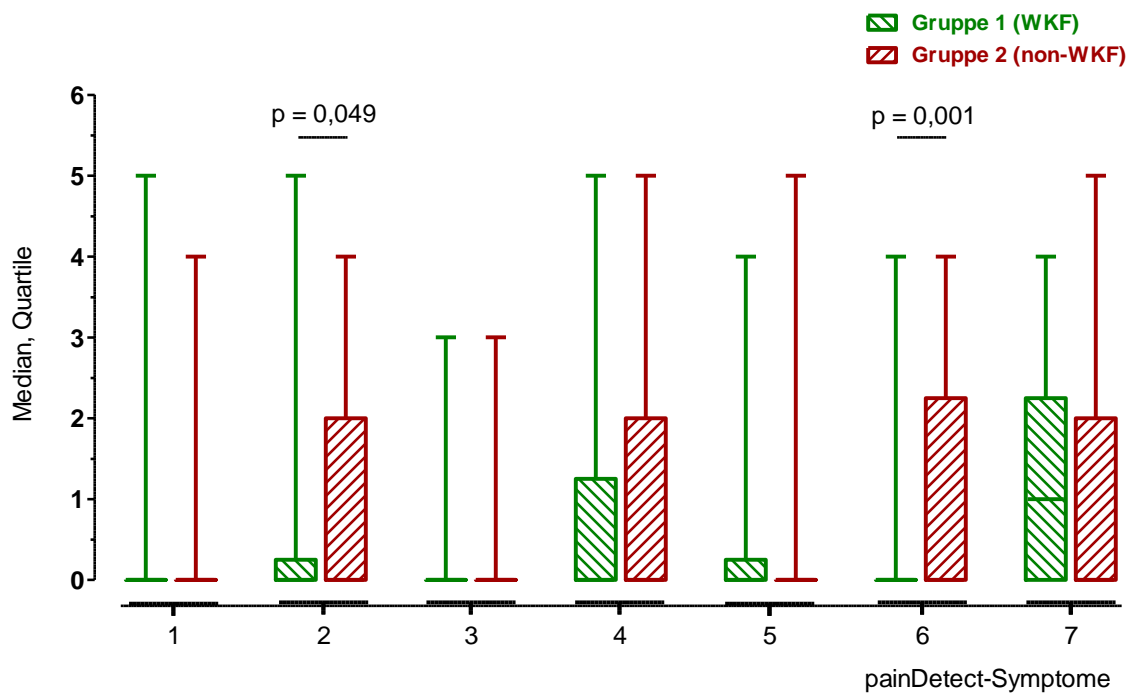
**Tab. 10:** Vergleich der Mediane der Schmerzintensitäten sechs Monate postoperativ im painDetect-Bogen. Die Angaben erfolgen in Ordinalskalen 0 – 10 (0 kein Schmerz, 10 maximaler Schmerz). Der akute Schmerz bezieht sich auf den Erhebungszeitpunkt. Der maximale Schmerz und die durchschnittliche Schmerzintensität beziehen sich auf einen Zeitraum von 4 Wochen. Ein statistisch signifikanter Unterschied ließ sich zwischen den beiden Gruppen nicht nachweisen (Q1 = Quartil 1, Q3 = Quartil 3).

	<b>Gruppe 1</b> <b>Median (Q1 – Q3)</b>	<b>Gruppe 2</b> <b>Median (Q1 – Q3)</b>
<b>Akuter Schmerz</b>	<b>2 (0 – 4)</b>	<b>2 (0 – 4)</b>
<b>Maximaler Schmerz</b>	<b>5 (3 – 7)</b>	<b>4 (2 – 7)</b>
<b>Durchschnittliche Schmerzintensität</b>	<b>3 (1 – 5)</b>	<b>2 (1 – 4)</b>

Die graphische Zusammenstellung der Angaben in den painDetect-Bogen nach sechs Monaten (Abbildung 9) zeigt in beiden Gruppen nur noch niedrige Medianwerte, ohne dass sich ein spezifisches Profil ergibt.

Bei den Einzelsymptomen Kribbeln ( $p = 0,049$ ) und Taubheitsgefühl ( $p = 0,001$ ) können noch statistisch signifikante Unterschiede zwischen beiden Gruppen ermittelt werden.





**Abb. 9:** Vergleich der painDetect-Symptome sechs Monate postoperativ zwischen beiden Patientengruppen. Statistisch signifikante Unterschiede finden sich bei 2 und 6. Gruppe 1: n = 50, Gruppe 2: n = 70  
 1 Brenngefühl, 2 Kribbelgefühl, 3 Berührungsschmerz, 4 blitzartige Schmerzattacken, 5 Schmerzen bei Kälte / Wärme, 6 Taubheitsgefühl, 7 Druckschmerz

Der Medianwert der Score-Endsummen beträgt in Gruppe 1: 4 (Q1 – 3: 2 – 8) und in Gruppe 2: 4 (Q1 – 3: 1 – 10), sodass kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen beiden Gruppen nachgewiesen werden kann.

In den Gruppen ergeben sich folgende Verteilungen (n) der Score-Endsummen:

Score-Endsumme	Gruppe 1 (n in %)	Gruppe 2 (n in %)
0	10	12
1 bis 12	81	73
13 bis 18	6	7
> 18	2	7

### 3.4.2. Auswertung Visuelle Analogskala

Die Intensität der Schmerzen an Hüften und an Beinen (Tabelle 11) unterscheidet sich in beiden Gruppen nur unwesentlich. Auch dieser Vergleich zeigt, dass bei Patienten mit Nukleus pulposus Prolaps die neuropathischen Schmerzkomponenten, in Form von peripheren Schmerzausstrahlungen, durch den operativen Eingriff auch über einen längeren postoperativen Zeitraum verbessert werden können.

**Tab. 11:** Vergleich der Schmerzintensitäten verschiedener Lokalisationen der zwei Patientengruppen sechs Monate postoperativ. Die Angaben wurden mit der Visuellen Analogskala (0 – 100 mm) erfasst und beziehen sich auf die aktuellen Schmerzen zum Befragungszeitpunkt. Es können keine statistisch signifikanten Unterschiede festgestellt werden. (MW = Mittelwert, SD = Standardabweichung)

<b>Lokalisation</b>	<b>Gruppe 1 MW ± SD</b>	<b>Gruppe 2 MW ± SD</b>
<b>Rücken</b>	26,4 ± 23	22,5 ± 26
<b>Linkes Bein</b>	9,2 ± 19	12,1 ± 23
<b>Linke Hüfte</b>	6,9 ± 18	7,6 ± 20
<b>Rechtes Bein</b>	7,9 ± 17	11,2 ± 22
<b>Rechte Hüfte</b>	6,4 ± 18	7,8 ± 19

### 3.4.3. Auswertung Oswestry Disability Index-Bogen

Die abschließende Auswertung der ODI-Gesamtscores ist in Tabelle 12 dargestellt. Der Oswestry Disability Index in % verändert sich innerhalb der sechs Monate statistisch signifikant:

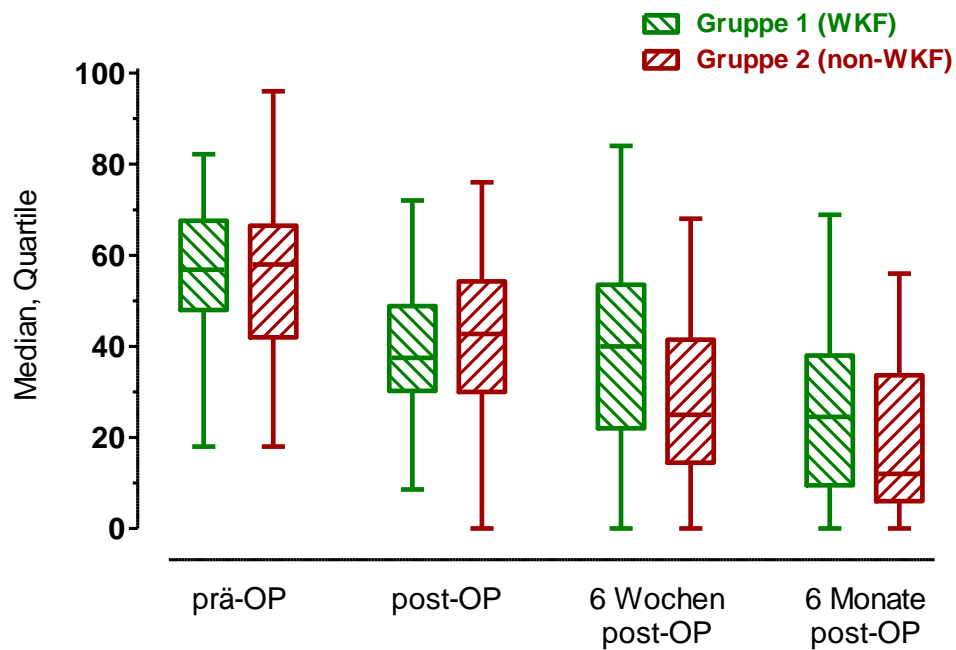
Gruppe 1: von 57 auf 24; Effektstärke von 0,61

Gruppe 2: von 58 auf 12; Effektstärke von 0,6

**Tab. 12:** Vergleich der Werte des Oswestry Disability Index (ODI) der zwei Patientengruppen präoperativ und sechs Monate postoperativ. Es zeigt sich eine statistisch signifikante Abnahme des ODI-Gesamtscores in beiden Gruppen im prä- und postoperativen Vergleich ( $p < 0,05$ ). Es findet sich ein statistisch signifikanter Unterschied ( $p = 0,04$ ) zwischen beiden Gruppen nach sechs Monaten.

	Gruppe 1 (WKF)		Gruppe 2 (non-WKF)	
	Median prä-OP ; 6 Monate	Effektstärke r	Median prä-OP ; 6 Monate	Effektstärke r
Schmerzstärke	3 ; 1	0,6	2 ; 1	0,55
Körperpflege	2 ; 0	0,54	2 ; 0	0,57
Heben / Tragen	4 ; 2	0,6	3 ; 1	0,52
Gehen	2 ; 1	0,6	2 ; 0	0,6
Sitzen	3 ; 1	0,55	3 ; 1	0,53
Stehen	4 ; 1,5	0,58	4 ; 1	0,58
Schlafen	1 ; 0	0,52	2 ; 0	0,56
Sexualleben	3 ; 0	0,59	3 ; 1	0,47
Gesells. Leben	3 ; 2	0,53	4 ; 1	0,59
Fahrten / Reisen	4 ; 3	0,55	4 ; 0	0,6
<b>ODI-Gesamtscore (%)</b>	<b>57 ; 24</b>	<b>0,61</b>	<b>58 ; 12</b>	<b>0,6</b>

Im Vergleich der ODI-Gesamtscores über den gesamten Untersuchungszeitraum von sechs Monaten zeigt sich in beiden Gruppen eine statistisch signifikante ( $p < 0,0001$ ) Abnahme der Werte (Abbildung 10). Präoperativ konnte kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen beiden Gruppen errechnet werden. Nach sechs Monaten wurde bei Patienten mit Wirbelkörperfrakturen (Gruppe 1) ein statistisch signifikant höherer ODI-Gesamtscore als bei Patienten der Vergleichsgruppe ermittelt.



**Abb. 10** Vergleich der ODI-Gesamtscores der Gruppe 1 (WKF) und Gruppe 2 (non-WKF) im Zeitverlauf. Es bestätigt sich eine statistisch signifikante ( $p < 0,0001$ ) Abnahme zwischen den präoperativen Werten und den Werten sechs Monaten postoperativ in beiden Gruppen. Der ODI-Gesamtscore in Gruppe 1 lag sechs Monate postoperativ statistisch signifikant ( $p = 0,03$ ) höher als in Gruppe 2.

## 4. Diskussion

Die „Global Burden Study of Disease“ von 2010 wertete Schmerzen im unteren Rücken als die häufigste Ursache für Invalidität (Hoy et al., 2014). Rückenschmerzen treten in der Weltbevölkerung mit einer steigenden Prävalenz auf und führen häufig zu einer deutlichen Einschränkung der Lebensqualität und Arbeitsfähigkeit. In Deutschland hat ca. 70 % der erwachsenen Bevölkerung mindestens einmal im Jahr Rückenschmerzen. 62 % der Betroffenen berichten über anhaltende Schmerzen länger als 12 Monate und 16 % von ihnen sind länger als 6 Monate arbeitsunfähig (Casser et al., 2016). In Industrienationen sind Rückenschmerzen ein zunehmender Grund für eine ärztliche Konsultation und führen zu steigenden Kosten im Gesundheitssystem (Wenig et al., 2009). Häufig sind chronische Rückenschmerzen mit Komorbiditäten wie Depression und Schlafstörungen verbunden (Stewart Williams et al., 2015). Die Ursachen für Rückenschmerzen sind vielfältig und nicht immer kann ein spezifischer Grund gefunden werden (Casser et al., 2016). Ein ausführliches Anamnesegespräch und die körperliche Untersuchung mit qualitativer und quantitativer Bewertung der Schmerzen sind essentiell und können nicht durch die zunehmenden Möglichkeiten der bildgebenden Diagnostik ersetzt werden. Weiterhin können Fragebogen zur Einschätzung der Schmerzen beitragen. Der painDetect-Bogen hat sich als zuverlässiges Instrument der Schmerzbewertung in den letzten Jahren durchgesetzt. Hierdurch können zuverlässig Patienten mit neuropathischer Komponente identifiziert werden (Cappelleri et al., 2015; DiBonaventura et al., 2017). Patienten mit neuropathischer Schmerzkomponente haben gehäuft gravierendere Krankheitsverläufe mit erhöhten Einschränkungen im Alltag, intensivere Schmerzwahrnehmungen und vermehrte Depressionsneigung (Beith et al., 2011; Gustorff et al., 2008; Smart et al., 2012). Bis zu 50 % spricht auf die gängige medikamentöse Erstlinientherapie nicht oder nur unzureichend an (Baron et al., 2017). Entscheidend ist daher die frühzeitige Identifikation dieser Patientengruppe, um eine komplexe Therapie einzuleiten und die Chronifizierungsrate zu verringern.

#### 4.1. Präoperative Gruppenmerkmale

##### 4.1.1. Patienten mit Wirbelkörperfraktur

In dieser Studie waren Patienten mit Wirbelkörperfraktur zumeist weiblich (89 %), leicht übergewichtig (BMI: MW 26,7 kg/m<sup>2</sup>) und im Durchschnitt älter als 70 Jahre. Dies deckt sich mit den allgemeinen klinischen Erfahrungen. Frauen in der Menopause haben ein deutlich erhöhtes Risiko eine osteoporotische Fraktur zu entwickeln. Dies hängt zum einen mit der geringeren Knochendichte als auch mit der postmenopausalen Hormonumstellung zusammen (Hirsch et al., 2017; Wawrzyniak et al., 2017). In einer aktuellen Studie aus Japan wurde über eine Prävalenz von Wirbelkörperfraktur von über 87 % im Kollektiv von Patientinnen mit Osteoporose und akuten Schmerzen im Lendenwirbelbereich berichtet (Terakado et al., 2017).

Die Schmerzdauer unseres Patientenkollektivs mit Wirbelkörperfraktur war im Gruppenvergleich mit 9,5 Wochen statistisch signifikant kürzer. Wurde bei Patienten dieser Studie eine Wirbelkörperfraktur bildgebend diagnostiziert, erfolgte ein ausführliches Arzt-Patienten-Gespräch über die Möglichkeiten von konservativen und operativen Therapiestrategien. Aufgrund guter klinischer Erfahrungen an dem Universitätsklinikum Bonn entschlossen sich die meisten Patienten für eine zeitnahe operative Versorgung (Bornemann et al., 2017b).

Die Schmerzlokalisierung lag in allen drei Gruppen zumeist im Lendenwirbelsäulenbereich. Bei einem Drittel der Patienten der Gruppe 1 lag die Fraktur im Bereich der Brustwirbelsäule. Dies hängt mit den unterschiedlichen Belastungen der Wirbelsäule zusammen. Im Lendenwirbelsäulenbereich sind die Druckbelastungen auf die Wirbelkörper am größten, sodass hier das größte Potential für eine osteoporotische Fraktur besteht. Bei traumatischen Frakturen können je nach Unfallhergang natürlich auch andere Bereiche der Wirbelsäule betroffen sein. Diese Einschätzung deckt sich mit anderen Veröffentlichungen zu diesem Thema (Leucht et al., 2009; Tian et al., 2016).

#### 4.1.2. Patienten mit Nucleus pulposus Prolaps

Patienten der Gruppe 2 waren im Durchschnitt Mitte 40 und ebenfalls leicht übergewichtig (BMI: MW 26,7 kg/m<sup>2</sup>). Die Genderverteilung war mit 46 % weiblich zu 54 % männlich relativ ausgeglichen.

Die durchschnittliche Schmerzdauer betrug 19,4 Wochen. Die Schmerzlokalisierung lag zu 75 % allein im Lendenwirbelsäulenbereich, ca. 25 % der Patienten hatten gleichzeitig Schmerzen im thorakalen Bereich der Wirbelsäule. Der Übergang zwischen den lumbalen und sakralen Anteil der Wirbelsäule gilt als Hochrisikozone für das Auftreten eines Nucleus pulposus Prolaps. Etwa 90 % der Nucleus pulposus Prolaps treten zwischen L4/L5 und L5/S1 auf (Donnally und Dulebohn, 2017). Dies hat vor allem anatomische Hintergründe (Tardieu et al., 2016; van Roy et al., 2001).

Den Patienten wurde zunächst ein konservatives Therapiekonzept über mindestens sechs Wochen mit Physiotherapie und ausreichender Analgesie empfohlen. Bei ausbleibender Besserung mit anhaltenden Einschränkungen des täglichen Lebens oder bei Auftreten von neurologischen Ausfällen durch Kompression der Nervenwurzeln wurde ein operatives Vorgehen besprochen. Dies erklärt die deutlich verlängerte Schmerzdauer im Vergleich zur Gruppe 1.

#### 4.1.3. Patienten mit spinalem Kompressionssyndrom

Patienten mit spinalem Kompressionssyndrom waren in unserem Patientenkollektiv im Schnitt Anfang 60 (MW: 63,6), überwiegend weiblich (69 %) und mit einem BMI von durchschnittlich über 29 kg/m<sup>2</sup> deutlich übergewichtig. Die Schmerzdauer vor der Operation lag im Mittelwert bei 68 Wochen. Auch in dieser Gruppe traten die meisten Beschwerden im Lendenwirbelsäulenbereich auf (69 %). Bei 31 % der Patienten lagen kombinierte Beschwerden im Brust- und Lendenwirbelsäulenbereich vor.

Unter einem spinalen Kompressionssyndrom werden im klinischen Alltag alle Erkrankungen der Wirbelsäule zusammengefasst, die zu einer Kompression des Rückenmarkes oder der Spinalnerven führen. Hierunter fallen sowohl akute Erkrankungen wie Nucleus pulposus Prolaps oder Tumoreinbrüche, als auch degenerative Prozesse wie die Osteochondrose. Auch Patienten mit Spondylolithesis können im fortgeschrittenen Stadium von einer spinalen Kompression betroffen sein.

Das Patientenkollektiv der Gruppe 3 umfasst sowohl Patienten mit degenerativen komprimierenden Veränderungen, als auch Patienten mit einer Spondylolithese.

Diesen Patienten wurde nach Ausschöpfung aller konservativen Möglichkeiten und bei anhaltender Schmerzsymptomatik mit Einschränkung der Lebensqualität eine Spondylodese angeboten. Neben der Versteifung der Wirbelsäule durch einen Fixateur interna wird gleichzeitig der komprimierende knöcherne Prozess entfernt. Dies führt zwar im betroffenen Abschnitt zu einem irreversiblen Bewegungsverlust der Wirbelsäule, die nervale Kompression wird jedoch behoben und die schmerzauslösende Bewegung limitiert. Dies erklärt die lange Schmerzdauer von 68 Wochen vor den operativen Eingriffen. Der erhöhte BMI kann zum einen durch die lange Schmerzepisode mit Bewegungseinschränkung und Gewichtszunahme erklärt werden. Andererseits führt Adipositas zu vermehrten degenerativen Prozessen an der Wirbelsäule und einer erhöhten Prävalenz von Rückenschmerzen (Delgado-Lopez und Castilla-Diez, 2018; Hashimoto et al., 2017).

#### 4.2. Präoperative Vitamin D-Konzentration

Die Vitamin D-Serumkonzentration war in allen drei Patientengruppen präoperativ deutlich erniedrigt. Es ergaben sich jedoch keine statistisch signifikanten Unterschiede (MW: Gruppe 1: 18,1 ng/ml; Gruppe 2: 19,3 ng/ml; Gruppe 3; 16,2 ng/ml). Vitamin D-Serumkonzentrationen über 20 ng/ml werden als Richtwert angesehen (German Nutrition Society, 2012). Bei Werten unter 20 ng/ml spricht man von einem Vitamin D-Mangel. Ein Zusammenhang zwischen erniedrigten Vitamin D-Konzentrationen und chronischen Rückenschmerzen ist umstritten. Eine aktuelle indische Studie vermutet eine erhöhte Prävalenz von chronischen sowie subakuten Rückenschmerzen bei Patienten mit massiv erniedrigten Vitamin D-Werten unter 16 ng/ml. Im Vergleich der Studiengruppen konnte jedoch kein statistisch signifikanter Unterschied zur beschwerdefreien Kontrollgruppe dargestellt werden (Panwar et al., 2018). Zu ähnlichen Ergebnissen kommt eine schwedische Studie bei Patienten mit chronischen Rückenschmerzen im LWS-Bereich (Thorneby et al., 2016). Auch eine Vitamin D-Substitution erscheint umstritten. Bei unspezifischen lumbalen Rückenschmerzen



konnte eine Vitamin D-Gabe über acht Wochen zwar zu einem statistisch signifikanten Anstieg der Serumkonzentration und zu einer statistisch signifikanten Abnahme der VAS führen.

Jedoch konnte ebenfalls in der Placebogruppe eine statistisch signifikante Abnahme der Schmerzintensität, gemessen an der VAS, festgestellt werden (Sandoughi et al., 2015). Unserem Patientenkollektiv wurde eine tägliche Einnahme von 1000 I.E. Cholecalciferol empfohlen.

#### 4.3. Auswertung der präoperativen Daten im painDetect-Bogen

Der painDetect-Fragebogen hat sich als ein nützliches Screening-Instrument für neuropathische Schmerzkomponenten erwiesen (Freyenhagen et al., 2006a; Gudala et al., 2017b). Mit ihm können nicht nur die wichtigsten Symptome aufgenommen werden, sondern es erfolgt auch eine Gewichtung der Symptomintensität (6-stufig) bei Patienten mit Rückenschmerzen. Auch die Fragen nach der Schmerzausstrahlung und nach den Schmerzverlaufsmustern werden berücksichtigt. Die Aufnahmebefunde der Patienten lassen sich damit einfach und schnell auswerten, und auch der Behandlungsverlauf lässt sich gut dokumentieren. Eine ausführliche Anamnese und die körperliche Untersuchung können aber nicht ersetzt werden (Mathieson et al., 2015; Packham et al., 2017).

Die präoperativen Schmerzintensitäten im painDetect-Bogen wurden als aktueller Akutschmerz, sowie als Maximalschmerz und durchschnittliche Schmerzintensität in einem Zeitraum der letzten vier Wochen erhoben. Hier konnten keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen den drei Studiengruppen festgestellt werden.

Die Schmerzausstrahlung in periphere Körperregionen, sowie der Schmerzverlauf sind charakteristisch für neuropathische Schmerzen und können mit der Pathophysiologie der Schmerzentstehung erklärt werden (siehe hierzu Kapitel 1.4.). Allerdings berichten teils auch Patienten mit einer vorwiegend nozizeptiven Komponente über periphere Schmerzausstrahlungen, sodass dieses Merkmal zwar sensitiv, aber nicht spezifisch zum Nachweis von neuropathischen Schmerzen ist (Beith et al., 2011). Patienten mit Nucleus pulposus Prolaps (96 %) hatten statistisch signifikant ( $p = 0,007$ ) mehr periphere Schmerzausstrahlungen als Patienten mit Wirbelkörperfraktur (74 %). Auch

deutlich mehr Patienten mit einem spinalen Kompressionssyndrom (93 %) klagten über periphere Schmerzausstrahlungen, allerdings waren die Unterschiede zur Gruppe 1 nicht statistisch signifikant. In einer englischen Studie von 2011 konnten ähnliche Beobachtungen gemacht werden. Untersucht wurden dort 343 Patienten mit Schmerzen im LWS-Bereich. 16 % der Befragten wiesen eine neuropathische Komponente laut painDetect-Bogen auf. 96 % dieser Gruppe berichtete über ausstrahlende Schmerzen (Beith et al., 2011).

Auch bei den Schmerzverläufen zeigten sich präoperativ Unterschiede. Patienten der Gruppe 1 (56 %) und der Gruppe 3 (57 %) beschrieben zumeist Dauerschmerzen mit leichten Schmerzschwankungen. Patienten mit Nukleus pulposus Prolaps hatten hingegen nur zu 40 % Dauerschmerzen mit leichten Schwankungen. Zu 38 % berichteten sie über Schmerzattacken mit zwischenzeitlicher Schmerzfreiheit und 6 % über anhaltende Schmerzen mit Schmerzattacken. Diese Schmerzverläufe mit einschließenden Schmerzspitzen sind Hinweise auf eine neuropathische Komponente. In den Gruppen 1 und 3 traten diese attackenartigen Schmerzen deutlich weniger auf, jedoch waren die Unterschiede nicht statistisch signifikant.

In der vorliegenden Studie wurden die Score-Endsummen der painDetect-Bogen als Hauptzielgröße verwendet. Hier konnten statistisch signifikante Unterschiede zwischen den Werten bei Patienten mit Wirbelkörperfraktur (Score-Endsumme: 9) und bei den Patienten mit Nukleus pulposus Prolaps (Score-Endsumme: 18) und spinalem Kompressionssyndrom (Score-Endsumme: 14) errechnet werden. Die sehr hohen Score-Endsummen bei einzelnen Patienten der Gruppe 1 können allerdings nicht abschließend erklärt werden. Denkbar wäre ein zeitgleich vorliegendes spinale Kompressionssyndrom, welches nur in einer weiterführenden bildgebenden Diagnostik (MRT) hätte sichergestellt werden können, dies war jedoch nicht in der Routinediagnostik vorgesehen.

Dennoch ist die Aussage bzgl. der bedeutend höheren Wahrscheinlichkeit neuropathischer Schmerzkomponenten in Gruppe 2 (Score-Endsumme WKF vs. NPP  $p < 0,0001$ ;  $r = 0,6$ ) statistisch signifikant und kann als klinisch relevant angesehen werden. Die höheren Scores für die Symptome Kribbelgefühl, blitzartige Schmerzattacken und Taubheitsgefühl in Gruppe 2 unterstützen die allgemeine

Aussage. Auch Patienten mit einem spinalen Kompressionssyndrom zeigten statistisch signifikant häufiger neuropathische Schmerzkomponenten als die Patienten der Gruppe 1 (Score-Endsumme WKF vs. SKS:  $p = 0,0004$ ;  $r = 0,05$ ).

Diese Ergebnisse konnten durch die Angaben in Tabelle 5 gestützt werden. Auch hier zeigten sich statistisch signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen, vor allem die brennenden Empfindungen, Kribbelgefühle und blitzartig auftretenden Schmerzattacken betreffend. Es wurde deutlich, dass solche sensorischen Wahrnehmungen in Gruppe 2 und 3 statistisch signifikant öfter auftraten als bei Patienten mit Wirbelkörperfraktur. In einer dänischen Studie konnten bei 15 – 50 % der Patienten mit neuropathischen Schmerzen Phänomene wie Allodynie und Hyperalgesie beobachtet werden (Jensen und Finnerup, 2014). Das Auftreten von sensorischen Phänomenen bei neuropathischen Schmerzen kann mit der Schädigung der afferenten Nervenfasern erklärt werden. Hierdurch kommt es zu gehäuften Auftreten von ektopen Erregungen, Leitungsblockaden sowie zur peripheren und zentralen Sensibilisierung (Baron et al., 2017). Bei Nucleus pulposus Prolaps kann es zu einer Kompression des Spinalnervs oder des Rückenmarks kommen. Beim spinalen Kompressionssyndrom kommt es zu einer Komprimierung des Rückenmarkes. Nicht schmerzhaft Sensationen wie Kribbelgefühl und Taubheitsgefühl sind nicht pathognomonisch für neuropathische Schmerzen, aber gehäuft mit ihnen assoziiert (Finnerup et al., 2016).

Bei der Frage nach Schmerzintensitäten (VAS) gaben Patienten mit Wirbelkörperfraktur statistisch signifikant höhere Werte im Rückenbereich an als Patienten der Gruppe 2 ( $p = 0,0001$ ). Auch im Vergleich zu Gruppe 3 ergaben sich statistisch signifikant höhere Werte ( $p < 0,05$ ). Eine japanischen Studie veröffentlichte hierzu jedoch konträre Ergebnisse. Hier wurden 331 Patienten mit Rückenschmerzen im LWS-Bereich mit dem painDetect-Fragebogen auf neuropathische Schmerzkomponenten hin untersucht. Patienten bei denen eine neuropathische Schmerzkomponente festgestellt wurde, gaben auf der VAS zur Feststellung der Schmerzintensität statistisch signifikant höhere Werte an (Hiyama et al., 2015). Ähnliche Ergebnisse zeigten sich in einer englischen Studie. Hier hatten Patienten mit einer gesicherten neuropathischen Komponente ihrer Rückenschmerzen deutlich höhere Werte in der VAS (Beith et al., 2011). Wir können nur

mutmaßen, dass Patienten mit anhaltenden Dauerschmerzen, wie in Gruppe 1, diese intensiver wahrnehmen, als Schmerzen die hauptsächlich durch Bewegung ausgelöst werden und in Ruhe gut tolerierbar sind wie in Gruppe 2 und Gruppe 3. Eine abschließende Erklärung ergibt sich jedoch nicht.

Die Auswertung der Schmerzintensitäten an den Extremitäten bestätigte die Schmerzausstrahlung in Gruppe 2 und Gruppe 3. Hier konnten in der Gruppe 2 und Gruppe 3 bei Schmerzangaben in den Beinen und an den Hüften, statistisch signifikant höhere Werte auf der VAS erhoben werden im Vergleich zur Gruppe 1. Unterschiede zwischen Gruppe 2 und Gruppe 3 konnten dabei nicht festgestellt werden. Diese Ergebnisse decken sich mit internationalen Veröffentlichungen (Beith et al., 2011; Smart et al., 2012).

Zur Beurteilung der Einschränkung der Lebensqualität der Patienten wurde der Oswestry Disability Index-Bogen ausgewertet. Da hier primär die Gegenüberstellung von Patienten mit und ohne neuropathischer Komponente im Vordergrund stand, wurden die Patienten mit Wirbelkörperfraktur denen ohne Wirbelkörperfraktur (NPP und SKS) gegenübergestellt.

Die statistisch signifikante Korrelation ( $p < 0,001$ ) zwischen den Score-Endsummen im painDetect-Bogen und dem ODI-Gesamtscore war ausschließlich auf die Werte in Gruppe 2 zurückzuführen, sodass sich die Intensität der neuropathischen Komponente auch bei den Scores bzgl. Funktionalität im Oswestry-Bogen widerspiegelte. Bei Patienten der Gruppe 3 deutete sich eine statistisch gesicherte Korrelation ebenfalls an, wurde jedoch auf Grund der niedrigen Patientenzahl knapp verfehlt. Ähnliche Ergebnisse konnten in einer dänischen Studie gefunden werden. Hier wurden 145 Patienten mit Schmerzen im LWS-Bereich mit dem painDetect-Bogen auf eine neuropathische Schmerzkomponente hin untersucht. Patienten mit neuropathischer Schmerzkomponente waren deutlich eingeschränkter im Alltag und zeigten schlechtere therapeutische Verläufe als Patienten in den Vergleichsgruppen (Morso et al., 2011).

#### 4.4. Postoperative Verläufe

Die operativen Eingriffe, die bei allen Patienten dieser Studie als notwendig erachtet wurden, führten zu dem wichtigsten Ziel der Patientenversorgung: einer gesicherten Schmerzlinderung mit guter Prognose auch nach sechs Monaten. Die Auswertung erfolgt hier in zwei Gruppen (WKF vs. non-WKF).

Bereits wenige Tage nach den Operationen kam es bei 84 % der Patienten mit Wirbelkörperfraktur und bei 86 % der Patienten der Vergleichsgruppe zu einer statistisch signifikanten Abnahme der Schmerzen, gemessen an der Ordinalskala des painDetect-Bogens. Statistisch signifikante Unterschiede zwischen beiden Gruppen lagen nicht vor. Die Score-Endsummen im painDetect-Bogen direkt postoperativ der Gruppe 1 lag im Durchschnitt bei 5, in der Gruppe 2 bei 7,2.

Wobei bei den Patienten mit gesicherter neuropathischer Komponente ein statistisch signifikant ( $p = 0,02$ ) höherer Wert vorlag. Die Werte der Score-Endsummen im painDetect-Bogen gingen im weiteren Heilungsverlauf soweit zurück, dass nach einem halben Jahr kein Unterschied zwischen beiden Gruppen hinsichtlich einer Beteiligung neuropathischer Schmerzkomponenten zu erkennen war. Im gleichen Maße verminderten sich auch die ODI-Scores nach den operativen Eingriffen, wodurch vorausgegangene Untersuchungsergebnisse bestätigt wurden (Pflugmacher et al., 2012). Es wurde jedoch ersichtlich, dass bei Patienten der Gruppe 2 die Rückbildung der Schmerzen und die Wiedererlangung der alltäglichen Fähigkeiten verzögert war. Diese Verzögerung des Schmerzurückganges bei Patienten mit neuropathischer Komponente lässt sich mit dem Pathomechanismus erklären. Da eine direkte Schädigung des peripheren oder zentralen somatosensorischen Systems vorliegt, bedarf es einer Latenzzeit bis zur Regeneration der Strukturen.

Zu einer Wirbelkörperfraktur kommt es meistens aufgrund einer zunehmenden Knocheninstabilität durch z.B. Osteoporose im Alter. Auch können Traumen ursächlich sein. Bei einem Sinterungsbruch des Wirbelkörpers liegt zumeist eine stabile Fraktur vor, bei der zwar Deck-/Grundplatte und Vorderwand des Wirbelkörpers gebrochen sein können, die Hinterwand jedoch intakt ist. Ist die Hinterwand des Wirbelkörpers frakturiert handelt es sich um eine instabile Fraktur, bei der es zu einer Verletzung des Rückenmarks kommen kann (Wirth et al., 2013). Im Bereich der Wirbelkörperhinterwand

liegen neben dem Rückenmark auch die Nerven und Spinalwurzeln, die für die Innervation und die Weiterleitung von Impulsen ins zentrale Nervensystem zuständig sind. Da bei Wirbelkörperfrakturen meistens keine Beeinträchtigung der neuralen Anteile vorliegt, ist der Anteil der neuropathischen Schmerzkomponente geringer. Einen sicheren Beweis gibt es dafür im klinischen Alltag allerdings nicht, da in der Regel keine MRT-Diagnostik durchgeführt wird, die eine Verletzung oder Affektion von Spinalnerven konkret ausschließt. Oftmals wird im Klinikalltag eine CT-Diagnostik bei gesicherter oder fraglicher Fraktur durchgeführt, um eine sogenannte Hinterkantenbeteiligung auszuschließen. Findet sich hier tatsächlich eine sogenannte instabile Fraktur, so kann man mit dem Patienten ggf. eine operative Intervention z.B. mittels Fixateur interna besprechen.

Anhaltend gute postoperative Ergebnisse konnten durch eine Veröffentlichung einer Studiengruppe unserer Klinik bestätigt werden. Hier fanden sich noch zwei Jahre nach erfolgter Radiofrequenz-Kyphoplastie bei Patienten mit Wirbelkörperfraktur anhaltende Schmerzlinderungen (Bornemann et al., 2017a). Auch in internationalen Veröffentlichungen finden sich gute, langanhaltende postoperative Ergebnisse nach operativen Interventionen bei Spinalkanalstenose (Song et al., 2017). In unserer Studie konnte gezeigt werden, dass unabhängig von der neuropathischen Komponente die Patienten von der operativen Versorgung profitierten. Nach sechs Monaten konnte kein Unterschied mehr zwischen beiden Gruppen in Bezug auf den Anteil an neuropathischen Schmerzen dargestellt werden.

Aus den Ergebnissen dieser Studie lässt sich für den klinischen Alltag die Schlussfolgerung ziehen, dass mit dem painDetect-Bogen bei Patienten mit Verdacht auf einen Nucleus pulposus Prolaps oder eine andere spinale Kompression aussagekräftig auf eine neuropathische Komponente hin untersucht werden kann. Beim Vorliegen einer solchen, sollte zügig zusätzlich zu einer adäquaten Analgetikatherapie eine Therapie mit einem Antikonvulsivum (z.B. Pregabalin) oder einem anderen Neuroleptikum begonnen werden.

Liegen neuropathische Schmerzkomponenten bei Patienten mit einer Wirbelkörperfraktur vor, empfiehlt sich auch hier die Erweiterung der medikamentösen

Therapie. Außerdem sollte bildmorphologisch eine zusätzliche spinalkanalstenosierende Ursache ausgeschlossen werden, da in diesem Fall die alleinige Kyphoplastie möglicherweise keine langanhaltende Verbesserung der Schmerzen für den Patienten bringen wird.

## 5. Zusammenfassung

Das Hauptziel dieser Studie bestand im Nachweis der Differenzierung von Schmerzsymptomen bei Patienten mit Rückenbeschwerden unterschiedlicher Form und Genese. Es sollte untersucht werden, inwieweit sich die Schmerzprofile von Patienten mit Wirbelkörperfraktur von denen bei Patienten mit Nukleus pulposus Prolaps oder spinalen Kompressionsyndromen unterscheiden. Als entscheidender Parameter diene der painDetect-Bogen mit der Möglichkeit einer Differenzierung von nozizeptiven und neuropathischen Schmerzen.

Zusätzlich sollten vor und nach den operativen Eingriffen weitere Parameter zur Erfassung von schmerzhaften Beschwerden und Funktionsstörungen bei den Patienten beider Gruppen erhoben und analysiert werden.

Es wurden Patienten der Klinik und Poliklinik für Orthopädie und Unfallchirurgie des Universitätsklinikums Bonn für die Studie ausgewählt, bei denen entweder eine Wirbelkörperfraktur (WKF, Gruppe 1) oder ein Nukleus pulposus Prolaps bzw. ein spinales Kompressionssyndrom (non-WKF, Gruppe 2) diagnostiziert waren. Für die Aufnahmebefunde wurden klinische Daten inkl. Röntgen, CT und MRT erhoben und von den Patienten der painDetect-Bogen, der Fragebogen zum Oswestry Disability Index (ODI) und ein Bogen mit VAS zur Intensität der Schmerzen an unterschiedlichen Lokalisationen ausgefüllt. Die Patienten wurden entsprechend ihrer Diagnose operativ behandelt (Radiofrequenz-Kyphoplastie, Nukleotomie, Spondylodese).

2 – 3 Tage, 6 Wochen und 6 Monate postoperativ wurden die Aufnahmen der Befunde, die Eintragungen in die gleichen Bogen wie präoperativ wiederholt und Beurteilungen der Patienten zum Operationsergebnis sowie zu unerwünschten Ereignissen notiert.

Die Ausgangslage von Patienten mit Wirbelkörperfraktur und mit Nukleus pulposus Prolaps bzw. spinalem Kompressionssyndrom zeigt bei gleicher Schmerzintensität ein deutlich unterschiedliches Profil der Symptomatik. Es lassen sich in der Gruppe 2 mit hoher Wahrscheinlichkeit in mehr als 40 % neuropathische Komponenten feststellen und bei weiteren 30 % als möglich annehmen, während ein Hinweis auf neuropathische



Schmerzen bei Wirbelkörperfrakturen nur in etwa 3 % der Patienten in Gruppe 1 und 13 % der Patienten in Gruppe 2 festgestellt werden kann.

Die entsprechenden operativen Eingriffe führen in allen drei Gruppen zu einer statistisch signifikanten Besserung der Schmerzsymptomatik und der Funktionalität unabhängig von der Ausgangslage, sodass das Risiko einer Chronifizierung der Neuropathien entscheidend gemindert werden konnte.

Der painDetect-Bogen erweist sich als außerordentlich geeignetes Instrument, um bei Patienten mit Rückenschmerzen unterschiedlicher Genese und Ausprägung eine deutliche Differenzierung hinsichtlich der Beteiligung einer neuropathischen Komponente vorzunehmen. Die Auswertung der Bogen kann auch zur Kontrolle des Behandlungsverlaufs eingesetzt werden, um das Erreichen des vorrangigen Behandlungsziels zu dokumentieren.

6. Anhang

Anhang 1: Deutsche Version des painDetect Fragebogen (Freyenhagen et al., 2006a)

painDETECT
SCHMERZ-FRAGEBOGEN

Datum: \_\_\_\_\_ Patient: **Name:** \_\_\_\_\_ **Vorname:** \_\_\_\_\_

Wie würden Sie Ihren Schmerz **jetzt** im Augenblick einschätzen?

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
kein											max





Wie stark war der **stärkste** Schmerz in den letzten 4 Wochen?

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
kein											max



Wie stark war der Schmerz in den letzten 4 Wochen im **Durchschnitt**?

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
kein											max

**Kreuzen Sie das Bild an, welches Ihren Schmerzverlauf am besten beschreibt:**

	Dauerschmerzen mit leichten Schwankungen	<input type="checkbox"/>
	Dauerschmerzen mit Schmerzattacken	<input type="checkbox"/>
	Schmerzattacken dazwischen schmerzfrei	<input type="checkbox"/>
	Schmerzattacken dazwischen Schmerzen	<input type="checkbox"/>

Bitte kennzeichnen Sie Ihren Hauptschmerzbereich

Strahlt Ihr Schmerz in weitere Körperregionen aus? ja  nein

wenn ja, dann zeichnen Sie bitte die Richtung ein, wohin der Schmerz ausstrahlt.

<b>Leiden Sie in den eingezeichneten Bereichen an einem Brenngefühl (z.B. Brennnesseln)?</b>	nie <input type="checkbox"/>	kaum <input type="checkbox"/>	gering <input type="checkbox"/>	mittel <input type="checkbox"/>	stark <input type="checkbox"/>	sehr stark <input type="checkbox"/>
<b>Haben Sie im Bereich Ihrer Schmerzen ein Kribbel- oder Prickelgefühl (wie Ameisenlaufen, Stromkribbeln)?</b>	nie <input type="checkbox"/>	kaum <input type="checkbox"/>	gering <input type="checkbox"/>	mittel <input type="checkbox"/>	stark <input type="checkbox"/>	sehr stark <input type="checkbox"/>
<b>Ist leichte Berührung (Kleidung, Bettdecke) in diesem Bereich schmerzhaft?</b>	nie <input type="checkbox"/>	kaum <input type="checkbox"/>	gering <input type="checkbox"/>	mittel <input type="checkbox"/>	stark <input type="checkbox"/>	sehr stark <input type="checkbox"/>
<b>Haben Sie im Bereich Ihrer Schmerzen blitzartige, elektrisierende Schmerzattacken?</b>	nie <input type="checkbox"/>	kaum <input type="checkbox"/>	gering <input type="checkbox"/>	mittel <input type="checkbox"/>	stark <input type="checkbox"/>	sehr stark <input type="checkbox"/>
<b>Ist Kälte oder Wärme (Badewannenwasser) in diesem Bereich gelegentlich schmerzhaft?</b>	nie <input type="checkbox"/>	kaum <input type="checkbox"/>	gering <input type="checkbox"/>	mittel <input type="checkbox"/>	stark <input type="checkbox"/>	sehr stark <input type="checkbox"/>
<b>Leiden Sie in den von Ihnen eingezeichneten Bereichen unter Taubheitsgefühl?</b>	nie <input type="checkbox"/>	kaum <input type="checkbox"/>	gering <input type="checkbox"/>	mittel <input type="checkbox"/>	stark <input type="checkbox"/>	sehr stark <input type="checkbox"/>
<b>Löst ein leichter Druck z.B. mit dem Finger in diesem Bereich Schmerzen aus?</b>	nie <input type="checkbox"/>	kaum <input type="checkbox"/>	gering <input type="checkbox"/>	mittel <input type="checkbox"/>	stark <input type="checkbox"/>	sehr stark <input type="checkbox"/>




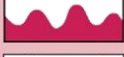



(vom Arzt auszufüllen)

nie	kaum	gering	mitte!	stark	sehr stark
<input type="checkbox"/> x 0 = <input type="text" value="0"/>	<input type="checkbox"/> x 1 = <input type="text"/>	<input type="checkbox"/> x 2 = <input type="text"/>	<input type="checkbox"/> x 3 = <input type="text"/>	<input type="checkbox"/> x 4 = <input type="text"/>	<input type="checkbox"/> x 5 = <input type="text"/>

Score-Gesamtsumme  von 35

R. Freyhagen, R. Baron, U. Gockel, T.R. Töle, CurrMed ResOpin Vol 22, 2006, 1911-1920

©Pfizer Pharma GmbH 2010

<b>painDETECT™</b>		<b>Auswertung des Schmerz-Fragebogens</b>		
Datum:	<input type="text"/>	Patient: Name:	<input type="text"/>	
		Vorname:	<input type="text"/>	
Bitte übertragen Sie die Score-Gesamtsumme vom Schmerz-Fragebogen:				
<b>Score-Gesamtsumme</b>		<input type="text"/> <input type="text"/>		
Addieren Sie bitte die folgenden Zahlen, je nach angekreuztem Schmerzverlaufsmuster und Schmerzausstrahlung. Bilden Sie dann die Score-Endsumme:				
	Dauerschmerzen mit leichten Schwankungen	<input type="text" value="0"/>		
	Dauerschmerzen mit Schmerzattacken	<input type="text" value="-1"/>	falls angekreuzt, oder	
	Schmerzattacken dazwischen schmerzfrei	<input type="text" value="+1"/>	falls angekreuzt, oder	
	Schmerzattacken dazwischen Schmerzen	<input type="text" value="+1"/>	falls angekreuzt	
	Ausstrahlende Schmerzen ?	<input type="text" value="+2"/>	falls ja	
<b>Score-Endsumme</b>		<input type="text"/> <input type="text"/>		
<b>Screening-Ergebnis</b>				
<b>auf das Vorliegen einer neuropathischen Schmerzkomponente</b>				
<b>negativ</b>		<b>unklar</b>	<b>positiv</b>	
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12		13 14 15 16 17 18 19	20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38	
neuropathische Schmerzkomponente unwahrscheinlich (< 15 %)		Aussage nicht eindeutig, neuropathische Schmerzkomponente kann dennoch vorhanden sein	neuropathische Schmerzkomponente wahrscheinlich (> 90 %)	
<b>Dieser Bogen ersetzt keine ärztliche Diagnostik!</b>				
<b>Er dient dem Screening auf Vorliegen einer neuropathischen Schmerzkomponente.</b>				
				

**Anhang 2: Deutsche Version des Oswestry Disability Index (Mannion et al., 2006a)**Abschnitt 1: Schmerzstärke

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

Abschnitt 2: Körperpflege (Waschen, Anziehen etc.)

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

Abschnitt 3: Heben

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

Abschnitt 4: Gehen

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

### Abschnitt 5: Sitzen

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

### Abschnitt 6: Stehen

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

### Abschnitt 7: Schlafen

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

### Abschnitt 8: Sexualleben (falls zutreffend)

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

### Abschnitt 9: Sozialleben













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

Abschnitt 10: Reisen

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

**Anhang 3: VAS (Visuelle Analogskala)**

Bitte markieren Sie auf den unteren Linien mit einem Strich | die Stärke der Schmerzen, die Sie in der jeweiligen Region in der letzten Woche hatten. Wenn sie keine Schmerzen hatten, kreuzen sie entsprechend das Kästchen „kein Schmerz“ an.

Region	Kein Schmerz	Schmerzskala:   -----   Wenig Schmerz <span style="float: right;">Schlimmste Schmerzen</span>
Rücken	<input type="checkbox"/>	  -----  
Linkes Bein	<input type="checkbox"/>	  -----  
Linke Hüfte	<input type="checkbox"/>	  -----  
Rechtes Bein	<input type="checkbox"/>	  -----  
Rechte Hüfte	<input type="checkbox"/>	  -----  

## 7. **Abbildungsverzeichnis**

Abbildung 1	Schematische Darstellung der Schmerzweiterleitung von nozizeptiven Schmerzreizen	Seite 8
Abbildung 2	Vergleich der präoperativer Score-Endsummen im painDetect-Bogen	Seite 25
Abbildung 3	Auswertung aller präoperativen Symptomintensitäten im painDetect-Bogen	Seite 27
Abbildung 4	Korrelation zwischen den präoperativen Werten der Score-Endsumme und dem ODI-Gesamtscore der Gruppe 2	Seite 33
Abbildung 5	Vergleich der painDetect-Symptome postoperativ zwischen beiden Patientengruppen	Seite 35
Abbildung 6	Vergleich der Oswestry Disability Index-Gesamtscores prä- und postoperativ der Gruppe 1 und 2	Seite 36
Abbildung 7	Vergleich der painDetect-Symptome sechs Wochen postoperativ zwischen beiden Patientengruppen	Seite 38
Abbildung 8	Vergleich der ODI-Gesamtscores in beiden Patientengruppen präoperativ und sechs Wochen postoperativ	Seite 39
Abbildung 9	Vergleich der painDetect-Symptome sechs Monate postoperativ zwischen beiden Patientengruppen	Seite 41
Abbildung 10	Vergleich der ODI-Gesamtscores der Gruppe 1 und 2 im Zeitverlauf	Seite 44

## 8. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1	Vergleich der präoperativ erhobenen Aufnahmebefunde der drei Patientengruppen	Seite 21
Tabelle 2	Vergleich der Mediane der präoperativen Schmerzintensivitäten im painDetect-Bogen	Seite 22
Tabelle 3	Präoperativer Schmerzverlauf und Ausstrahlung der Schmerzen erfasst im painDetect-Bogen im Vergleich der drei Patientengruppen	Seite 23
Tabelle 4	Vergleichende Analyse der präoperativen Schmerzcharakteristika mit Testung auf eine neuropathische Komponente im painDetect-Bogen	Seite 24
Tabelle 5	Gegenüberstellung der präoperativ ermittelten Daten entsprechend den Intensitäten aller Symptome im painDetect-Bogen	Seite 28
Tabelle 6	Diskriminanzanalyse der präoperativen Werte für alle sieben Symptome des painDetect-Bogens im Vergleich der drei Patientengruppen	Seite 29
Tabelle 7	Faktorenanalyse auf gesicherte Korrelationen zwischen den einzelnen painDetect-Symptomen präoperativ im Gruppenvergleich	Seite 30
Tabelle 8	Vergleich der präoperativen Schmerzintensitäten verschiedener Lokalisationen der drei Patientengruppen	Seite 31
Tabelle 9	Vergleich der präoperativen Werte der Oswestry Disability Index-Bogen der drei Patientengruppen	Seite 32
Tabelle 10	Vergleich der Mediane der Schmerzintensitäten sechs Monate postoperativ im painDetect-Bogen	Seite 40
Tabelle 11	Vergleich der Schmerzintensitäten verschiedener Lokalisationen der zwei Patientengruppen sechs Monate postoperativ mittels Visueller Analogskala	Seite 42
Tabelle 12	Vergleich der Werte des Oswestry Disability Index der zwei Patientengruppen präoperativ und 6 Monate postoperativ	Seite 43



## 9. Literaturverzeichnis

Ackermann H. BiAS - Biometrische Analyse von Stichproben. Hoheim Darmstadt: Epsilon Verlag, 1992

Baron R, Binder A, Wasner G. Neuropathic pain: diagnosis, pathophysiological mechanisms and treatment. *Lancet Neurol* 2010; 9: 807-819

Baron R, Jänig W. Neuropathische Schmerzen. In: Zenz M, Jurna I, eds. *Lehrbuch der Schmerztherapie: Grundlagen, Theorie und Praxis für Aus- und Weiterbildung*. Stuttgart: Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft, 2001

Baron R, Maier C, Attal N, Binder A, Bouhassira D, Cruccu G, Finnerup NB, Haanpaa M, Hansson P, Hulleman P, Jensen TS, Freynhagen R, Kennedy JD, Magerl W, Mainka T, Reimer M, Rice AS, Segerdahl M, Serra J, Sindrup S, Sommer C, Tolle T, Vollert J, Treede RD. Peripheral neuropathic pain: a mechanism-related organizing principle based on sensory profiles. *Pain* 2017; 158: 261-272

Beith ID, Kemp A, Kenyon J, Prout M, Chestnut TJ. Identifying neuropathic back and leg pain: a cross-sectional study. *Pain* 2011; 152: 1511-1516

Bornemann R, Jansen TR, Kabir K, Pennekamp PH, Stuwe B, Wirtz DC, Pflugmacher R. Comparison of Radiofrequency-targeted Vertebral Augmentation with Balloon Kyphoplasty for the Treatment of Vertebral Compression Fractures: 2-Year Results. *Clin Spine Surg* 2017a; 30: E247-E251

Bornemann R, Jansen TR, Otten LA, Sander K, Wirtz DC, Pflugmacher R. Comparison of radiofrequency kyphoplasty and balloon kyphoplasty in combination with posterior fixation for the treatment of vertebral fractures. *J Back Musculoskelet Rehabil* 2017b; 30: 591-596

Bundesärztekammer, Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften. Nationale Versorgungsleitlinie Nicht-spezifischer Kreuzschmerz - Kurzfassung. 2017: 10-14.

Cappelleri JC, Koduru V, Bienen EJ, Sadosky A. A cross-sectional study examining the psychometric properties of the painDETECT measure in neuropathic pain. *J Pain Res* 2015; 8: 159-167

Casser HR, Seddigh S, Rauschmann M. Acute Lumbar Back Pain. *Deutsches Ärzteblatt international* 2016; 113: 223-234

Cohen SP, Mao J. Neuropathic pain: mechanisms and their clinical implications. *Bmj* 2014; 348: 7656

Delgado-Lopez PD, Castilla-Diez JM. Impact of obesity in the pathophysiology of degenerative disk disease and in the morbidity and outcome of lumbar spine surgery. *Neurocirugia (Astur)* 2018; 29: 93-102

Deutsche Gesellschaft für Neurologie. Diagnostik neuropathischer Schmerzen. In: Leitlinien für Diagnostik und Therapie in der Neurologie. 2012

DiBonaventura MD, Sadosky A, Concialdi K, Hopps M, Kudel I, Parsons B, Cappelleri JC, Hlavacek P, Alexander AH, Stacey BR, Markman JD, Farrar JT. The prevalence of probable neuropathic pain in the US: results from a multimodal general-population health survey. *J Pain Res* 2017; 10: 2525-2538

Donnally IC, Dulebohn SC. Lumbosacral Disc Injuries, In: StatPearls. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing, 2017

Fairbank J. Revised Oswestry Disability Questionnaire. *Spine* 2000; 25: 2552

Fanuele JC, Birkmeyer NJ, Abdu WA, Tosteson TD, Weinstein JN. The impact of spinal problems on the health status of patients: have we underestimated the effect?. *Spine (Phila Pa 1976)* 2000; 25: 1509-1514

Finnerup NB, Haroutounian S, Kamerman P, Baron R, Bennett DL, Bouhassira D, Cruccu G, Freeman R, Hansson P, Nurmikko T, Raja SN, Rice, A.S., Serra J, Smith BH, Treede RD, Jensen TS. Neuropathic pain: an updated grading system for research and clinical practice. *Pain* 2016; 157: 1599-1606

Fishbain DA, Cole B, Lewis JE, Gao J. What is the evidence that neuropathic pain is present in chronic low back pain and soft tissue syndromes? An evidence-based structured review. *Pain Med* 2014; 15: 4-15

Freyenhagen R, Baron R, Gockel U, Tolle TR. painDetect: a new screening questionnaire to identify neuropathic components in patients with back pain. *Curr Med Res Opin* 2006a; 22: 1911-1920

Freyenhagen R, Baron R, Tolle T, Stemmler E, Gockel U, Stevens M, Maier C. Screening of neuropathic pain components in patients with chronic back pain associated with nerve root compression: a prospective observational pilot study (MIPORT). *Curr Med Res Opin* 2006b; 22: 529-537

Freyenhagen R, Tölle T, Gockel U, Baron R. painDetect – ein Palmtop-basiertes Verfahren für Versorgungsforschung, Qualitätsmanagement und Screening bei chronischen Schmerzen. *Aktuelle Neurologie* 2005; 32: 641-645

Freyenhagen R, Wirz S, Rolke R. Diagnostik bei neuropathischen Schmerzen. *Therapeutische Umschau* 2011; 68: 495-500

German Nutrition Society. New reference values for vitamin D. *Ann Nutr Metab* 2012; 60: 241-246

Groh A, Krieger P, Mease RA, Henderson L. Acute and chronic pain processing in the thalamocortical system of humans and animal models. *Neuroscience* 2017;.epub ahead of print

Gudala K, Bansal D, Vatte R, Ghai B, Schifano F, Boya C. High Prevalence of Neuropathic Pain Component in Patients with Low Back Pain: Evidence from Meta-Analysis. *Pain Physician* 2017b; 20: 343-352

Gudala K, Ghai B, Bansal D. Usefulness of four commonly used neuropathic pain screening questionnaires in patients with chronic low back pain: a cross-sectional study. *Korean J Pain* 2017b; 30: 51-58

Gustorff B, Dorner T, Likar R, Grisold W, Lawrence K, Schwarz F, Rieder A. Prevalence of self-reported neuropathic pain and impact on quality of life: a prospective representative survey. *Acta Anaesthesiol Scand* 2008; 52: 132-136

Haanpaa M, Attal N, Backonja M, Baron R, Bennett M, Bouhassira D, Cruccu G, Hansson P, Haythornthwaite JA, Iannetti GD, Jensen TS, Kauppila T, Nurmikko TJ, Rice AS, Rowbotham M, Serra J, Sommer C, Smith BH, Treede RD. NeuPSIG guidelines on neuropathic pain assessment. *Pain* 2011; 152: 14-27

Hartung J. Aspekte der Datengewinnung. In: *Statistik Lehr- und Handbuch der angewandten Statistik*. München - Wien: R. Oldenbourg Verlag, 2002: 269 - 380

Hashimoto Y, Matsudaira K, Sawada SS, Gando Y, Kawakami R, Kinugawa C, Okamoto T, Tsukamoto K, Miyachi M, Naito H. Obesity and low back pain: a retrospective cohort study of Japanese males. *J Phys Ther Sci* 2017; 29: 978-983

Hirsch HD, Shih E, Thacker HL. ERAAs for menopause treatment: Welcome the 'designer estrogens'. *Cleve Clin J Med* 2017; 84: 463-470

Hiyama A, Watanabe M, Katoh H, Sato M, Sakai D, Mochida J. Evaluation of quality of life and neuropathic pain in patients with low back pain using the Japanese Orthopedic Association Back Pain Evaluation Questionnaire. *Eur Spine J* 2015; 24: 503-512

Hoy D, March L, Brooks P, Blyth F, Woolf A, Bain C, Williams G, Smith E, Vos T, Barendregt J, Murray C, Burstein R, Buchbinder R. The global burden of low back pain: estimates from the Global Burden of Disease 2010 study. *Ann Rheum Dis* 2014; 73: 968-974

Jensen TS, Finnerup NB. Allodynia and hyperalgesia in neuropathic pain: clinical manifestations and mechanisms. *Lancet Neurol* 2014; 13: 924-935

Kendroud S, Bhimji SS. Physiology, Nociceptive Pathways, In: StatPearls. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing 2017

Lampert T, Hoebel J, Kuntz B, Müters S, Kroll LE. Gesundheitliche Ungleichheit in verschiedenen Lebensphasen. Gesundheitsberichtserstattung des Bundes gemeinsam getragen vom RKI und DESTATIS. 2017

Leucht P, Fischer K, Muhr G, Mueller EJ. Epidemiology of traumatic spine fractures. *Injury* 2009; 40: 166-172

Mannion AF, Junge A, Fairbank JC, Dvorak J, Grob D. Development of a German version of the Oswestry Disability Index. Part 1: cross-cultural adaptation, reliability, and validity. *Eur Spine J* 2006a; 15: 55-65

Mannion AF, Junge A, Grob D, Dvorak J, Fairbank JC. Development of a German version of the Oswestry Disability Index. Part 2: sensitivity to change after spinal surgery. *Eur Spine J* 2006b; 15: 66-73

Mathieson S, Maher CG, Terwee CB, Folly de Campos T, Lin CW. Neuropathic pain screening questionnaires have limited measurement properties. A systematic review. *J Clin Epidemiol* 2015; 68: 957-966

Morso L, Kent PM, Albert HB. Are self-reported pain characteristics, classified using the PainDETECT questionnaire, predictive of outcome in people with low back pain and associated leg pain?. *Clin J Pain* 2011; 27: 535-541

Packham TL, Cappelleri JC, Sadosky A, MacDermid JC, Brunner F. Measurement properties of painDETECT: Rasch analysis of responses from community-dwelling adults with neuropathic pain. *BMC Neurol* 2017; 17: 48-50

Palacios-Cena D, Alonso-Blanco C, Hernandez-Barrera V, Carrasco-Garrido P, Jimenez-Garcia R, Fernandez-de-las-Penas C. Prevalence of neck and low back pain in community-dwelling adults in Spain: an updated population-based national study (2009/10-2011/12). *Eur Spine J* 2015; 24: 482-492

Panwar A, Valupadas C, Veeramalla M, Vishwas HN. Prevalence of vitamin D deficiency in chronic and subacute low back pain patients in India: a triple-arm controlled study. *Clin Rheumatol* 2018; 37: 1367-1374

Pflugmacher R, Bornemann R, Koch EMW. Verfahren zur Behandlung vertebraler Frakturen: Ein Überblick unterschiedlicher Systeme und Philosophien zur Wirbelkörper-Augmentation mit Zement. *Osteologie* 2012; 21: 151-162

Raspe H. Gesundheitsberichterstattung des Bundes, Heft 53, Rückenschmerzen. Berlin, 2012.

Robert Koch Institut. Gesundheit in Deutschland, Gesundheitsberichterstattung des Bundes (Berlin, Robert Koch Institut und DESTATIS), 2015

Sandoughi M, Zakeri Z, Mirhosainee Z, Mohammadi M, Shahbakhsh S. The effect of vitamin D on nonspecific low back pain. *Int J Rheum Dis* 2015; 18: 854-858

Schaible HG. Nozizeption und Schmerz, In: Schmidt RF, Lang F, Heckmann M (Ed.) *Physiologie des Menschen mit Pathophysiologie*. Heidelberg: Springer Medizin Verlag, 2010: 298-312

Schuh-Hofer S, Treede RD. Definition und Pathophysiologie neuropathischer Schmerzen. *Nervenheilkunde* 2012; 31: 115-122

Sheahan PJ, Nelson-Wong EJ, Fischer SL. A review of culturally adapted versions of the Oswestry Disability Index: the adaptation process, construct validity, test-retest reliability and internal consistency. *Disabil Rehabil* 2015; 37: 2367-2374

Shmagel A, Foley R, Ibrahim H. Epidemiology of Chronic Low Back Pain in US Adults: Data From the 2009-2010 National Health and Nutrition Examination Survey. *Arthritis Care Res (Hoboken)* 2016; 68: 1688-1694

Smart KM, Blake C, Staines A, Doody C. Self-reported pain severity, quality of life, disability, anxiety and depression in patients classified with 'nociceptive', 'peripheral neuropathic' and 'central sensitisation' pain. The discriminant validity of mechanisms-based classifications of low back (+/-leg) pain. *Man Ther* 2012; 17: 119-125

Sneddon LU. *Comparative Physiology of Nociception and Pain*. Physiology (Bethesda) 2018; 33: 63-73

Song KS, Cho JH, Hong JY, Lee JH, Kang H, Ham DW, Ryu HJ. Neuropathic Pain Related with Spinal Disorders: A Systematic Review. *Asian Spine J* 2017; 11: 661-674

Stewart Williams J, Ng N, Peltzer K, Yawson A, Biritwum R, Maximova T, Wu F, Arokiasamy P, Kowal P, Chatterji S. Risk Factors and Disability Associated with Low Back Pain in Older Adults in Low- and Middle-Income Countries. Results from the WHO Study on Global AGEing and Adult Health (SAGE) 2015; 10: e0127880

Stratford PW, Binkley JM, Riddle DL. Development and initial validation of the back pain functional scale. *Spine (Phila Pa 1976)* 2000; 25: 2095-2102

Tal-Akabi A, Oesch P. Behinderung bei Rückenschmerzen: Roland and Morris Disability Questionnaire - Deutsche Version (RDQ-D), In: Oesch, P., Hilfiker, R., Keller, S.e.a. (Eds.) Assessments in der muskuloskelettalen Rehabilitation. Bern: Verlag Hans Huber, 2007

Talaga S, Magiera Z, Kowalczyk B, Lubinska-Zadlo B. Problems of patients with degenerative disease of the spine and their quality of life. *Ortop Traumatol Rehabil* 2014; 16: 617-627

Tardieu GG, Fisahn C, Loukas M, Moisi M, Chapman J, Oskouian RJ, Tubbs RS. The Epidural Ligaments (of Hofmann): A Comprehensive Review of the Literature. *Cureus* 2016; 8: 779-783

Terakado A, Orita S, Inage K, Kubota G, Kanzaki T, Mori H, Shinohara Y, Nakamura J, Matsuura Y, Aoki Y, Furuya T, Koda M, Ohtori S. A Clinical Prospective Observational Cohort Study on the Prevalence and Primary Diagnostic Accuracy of Occult Vertebral Fractures in Aged Women with Acute Lower Back Pain Using Magnetic Resonance Imaging. *Pain Res Manag* 2017; 9265259

Thorneby A, Nordeman LM, Johanson EH. No association between level of vitamin D and chronic low back pain in Swedish primary care: a cross-sectional case-control study. *Scand J Prim Health Care* 2016; 34: 196-204



Tian Y, Zhu Y, Yin B, Zhang F, Liu B, Chen W, Zhang Y. Age- and gender-specific clinical characteristics of acute adult spine fractures in China. *Int Orthop* 2016; 40: 347-353

Torrance N, Smith BH, Bennett MI, Lee AJ. The epidemiology of chronic pain of predominantly neuropathic origin. Results from a general population survey. *J Pain* 2006; 7: 281-289

Treede RD. Physiologische Grundlagen der Schmerzentstehung, In: Zens M, Jourma I, eds. *Lehrbuch der Schmerztherapie: Grundlagen, Theorie und Praxis für Aus- und Weiterbildung*. Stuttgart: Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft, 2001

Treede RD, Jensen TS, Campbell JN, Cruccu G, Dostrovsky JO, Griffin JW, Hansson P, Hughes R, Nurmikko T, Serra J. Neuropathic pain: redefinition and a grading system for clinical and research purposes. *Neurology* 2008; 70: 1630-1635

van Roy P, Barbaix E, Clarijs JP, Mense S. Anatomical background of low back pain: variability and degeneration of the lumbar spinal canal and intervertebral disc. *Schmerz* 2001; 15: 418-424

Wagner E. Differentialdiagnostik des chronischen Rückenschmerzes. *Rheuma plus* 2010; 4: 6-10

Wawrzyniak A, Klimczyk P, Wozniak A, Anyzewska A, Leonkiewicz M. Assessment of differences in nutrients consumption in women diagnosed with osteoporosis as compared to a healthy control group. *Rocz Panstw Zakl Hig* 2017; 68: 143-149

Wenig CM, Schmidt CO, Kohlmann T, Schweikert B. Costs of back pain in Germany. *Eur J Pain* 2009; 13: 280-286

Wirth CJ, Mutschler WE, Kohn D, Pohlemann T. Praxis der Orthopädie und Unfallchirurgie. In Altersorthopädie und -traumatologie, Wirth, C.J., ed. Stuttgart: Thieme Verlag 2013

## **Danksagung**

Mein besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr. med. habil. D. C. Wirtz und Herrn Prof. Dr. med. habil. R. Pflugmacher für die Vergabe dieses spannenden Themas und die Möglichkeit reichhaltige wissenschaftliche Erfahrungen zu sammeln. Ich danke ganz herzlich für Ihre engagierte Betreuung und die Vermittlung von wissenschaftlichen Fähigkeiten.

Ich bedanke mich bei allen Mitarbeitern der Klinik und Poliklinik für Orthopädie und Unfallchirurgie des Universitätsklinikums Bonn für die freundliche Aufnahme und Unterstützung.

Herrn Dr. E. M. W. Koch und seinem Team danke ich herzlich für die statistische Aufarbeitung der erhobenen Daten. Insbesondere möchte ich mich bei Neele Söder und Philippe van der Beck für die sorgfältige Datenübertragung in das Auswertungsprogramm bedanken.

Ich danke Frau Dr. R. Bornemann und Frau J. B. Breidebach für die tatkräftige Unterstützung bei der Datensammlung.

Von ganzem Herzen möchte ich mich bei meiner Familie und meinen Freunden für ihre stete Unterstützung, Motivation und Geduld bedanken.