

Aus der Universitätsklinik und Poliklinik für Orthopädie und Physikalische Medizin der  
Medizinischen Fakultät der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg  
Department für Orthopädie, Unfall- und Wiederherstellungschirurgie der Medizinischen  
Fakultät der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg  
Direktor: Prof. Dr. med. Karl-Stefan Delank

**Klinisches und radiologisches Outcome bei Patienten mit frischen  
Wirbelkörperfrakturen nach Kyphoplastie**

Dissertation  
zur Erlangung des akademischen Grades  
Doktor der Medizin (Dr. med.)

vorgelegt  
der Medizinischen Fakultät  
der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

von Julia Cramme  
geboren am 28.01.1989 in Lutherstadt Wittenberg

Gutachter: PD Dr. med. M. Röllinghoff

Prof. Dr. med. Mau

Univ. Prof. Dr. med. Peer Eysel (Köln)

04.11.2014

05.10.2015



## Referat

*Hintergrund:* Das minimalinvasive Operationsverfahren der Kyphoplastie hat sich in den letzten zehn Jahren als effektive Behandlungsoption von Wirbelkörperfrakturen bewiesen. Neue und verbesserte Behandlungen werden durch die stetig steigende Zahl der osteoporotischen Frakturen benötigt. Ziel dieser Studie ist es das klinische Outcome nach einer Kyphoplastie herauszustellen.

*Material und Methode:* Im Rahmen einer retrospektiven Studie wurden im Behandlungszeitraum von Januar 2008 bis Dezember 2010 insgesamt 114 Patienten mit einer Kyphoplastie versorgt. Zur Nachuntersuchung konnten 57 Patienten mit 66 osteoporotischen Wirbelkörperfrakturen für die Studie gewonnen werden. Als Parameter werden die Altersstruktur, die Geschlechtsverteilung, der klinische Verlauf mit der visuellen Analogskala, dem Oswestry Score und dem Short Form 36 ausgewertet. Radiologisch werden die Wirbel mit der Vorderkante, der mittleren Wirbelhöhe, der Hinterkante, dem Kyphose- und dem Cobb-Winkel beschrieben.

*Ergebnisse:* Die durchschnittliche VAS reduziertet sich signifikant von 8,7 präoperativ auf 1,9 postoperativ ( $p < 0,001$ ). Radiologisch zeigt sich, dass die Vorderkante und die mittlere Wirbelhöhe signifikant um 3,1mm und 3,9mm aufgerichtet werden. Der Kyphosewinkel reduziert sich ebenfalls signifikant um 3,9°. Bei sechs Wirbelkörpern zeigt sich ein minimaler Zementaustritt ohne klinische Symptome. Bei einem Patienten kam es zu einer Anschlussfraktur im kranialen Segment, diese wurden ebenfalls mit einer Kyphoplastie versorgt.

*Schlussfolgerung:* Die vorliegende Studie zeigt eine schwache Korrelation zwischen den klinischen Angaben des Patienten und der radiologisch festgestellten Aufrichtung des Wirbelkörpers auf. Damit zeigt sich, dass die Kyphoplastie ein gutes und effektives Verfahren ist um eine osteoporotische Wirbelkörperfraktur zu behandeln.

Die Daten dieser Studie bestätigen die in der Literatur angegebene höhere Sicherheit für die Kyphoplastie im Vergleich zur Vertebroplastie. Damit stellt die Kyphoplastie ein geeignetes Therapieverfahren zur Behandlung der steigenden Anzahl osteoporotischer Wirbelkörperfrakturen dar.

---

## Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis.....	III
Tabellenverzeichnis.....	IV
Formelverzeichnis .....	IV
Abkürzungsverzeichnis .....	V
1 Einleitung.....	1
2 Zielstellung .....	6
3 Material und Methoden .....	7
3.1 Klassifikation einer Wirbelkörperfraktur.....	7
3.2 Behandlungsmöglichkeiten von Wirbelkörperfrakturen .....	10
3.2.1 Konservative und medikamentöse Behandlung .....	10
3.2.2 Vertebroplastie .....	11
3.2.3 Kyphoplastie .....	13
3.2.4 Durchführung einer Kyphoplastie.....	13
3.2.5 Indikation/Kontraindikation und Komplikationen.....	15
3.3 Schmerzreduktion und Schmerzerfassung .....	18
3.4 Radiologische Untersuchung.....	19
3.5 Studienaufbau .....	20
3.6 Patientengut .....	21
3.7 Durchführung der Nachuntersuchung .....	22
3.7.1 Klinische Untersuchung .....	22
3.7.2 Visuelle Analogskala.....	24
3.7.3 Short Form 36.....	24
3.7.4 Oswestry Score .....	26
3.7.5 Radiologische Auswertung .....	28
3.7.6 Statistische Auswertung .....	29
4 Ergebnisse .....	31
4.1 Patientengut .....	31
4.1.1 Geschlechtsverteilung .....	31
4.1.2 Altersstruktur .....	32
4.1.3 Stationärer Aufenthalt und Nachuntersuchungszeit .....	33
4.1.4 Betroffene Segmenthöhe.....	35
4.1.5 Komplikationen.....	36

---

4.2	Klinisches Outcome und radiologische Auswertung.....	37
4.2.1	Visuelle Analogskala.....	37
4.2.2	Short Form-36 .....	38
4.2.3	Oswestry Score .....	38
4.2.4	Radiologische Auswertung .....	39
4.3	Regression und Korrelation .....	40
5	Diskussion .....	45
6	Zusammenfassung .....	55
	Literaturverzeichnis .....	57
	Thesen .....	65
	Anhang .....	66
	Lebenslauf .....	VI
	Selbständigkeitserklärung .....	VII
	Erklärung über frühere Promotionsversuche .....	VIII
	Danksagung .....	IX

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 - Drei-Säulen-Modell nach Denis [1] (eigene Darstellung).....	2
Abbildung 2 - Teufelskreis der Osteoporose [23] (eigene Darstellung) .....	5
Abbildung 3 - Klassifikation der Einteilung der Wirbelkörperfrakturen nach Magerl [33].....	8
Abbildung 4 - Darstellung einer Wirbelkörperfraktur mit Stabilisierung mittels Vertebroplastie (eigene Darstellung) .....	12
Abbildung 5 - Durchführung Kyphoplastie [46].....	14
Abbildung 6 - Präoperatives und postoperatives Röntgenbild (eigenes Patientengut) .....	19
Abbildung 7 - Kohortenzusammensetzung .....	21
Abbildung 8 - Kyphosewinkel und Cobb-Winkel .....	28
Abbildung 9 - Geschlechtsverteilung .....	31
Abbildung 10 - Frakturanzahl .....	32
Abbildung 11 - Altersstruktur .....	32
Abbildung 12 - Beziehung OP-Alter und Geschlecht .....	33
Abbildung 13 - Stationärer Aufenthalt.....	34
Abbildung 14 - Nachuntersuchungszeitraum .....	35
Abbildung 15 - Frakturlokalisierung .....	35
Abbildung 16 - Eingetretene Komplikationen bei den 66 durchgeführten Kyphoplastien..	36
Abbildung 17 - VAS im klinischen Verlauf.....	37
Abbildung 18 - Oswestry Score im klinischem Verlauf.....	39
Abbildung 19 - Korrelation zwischen Cobb-Winkel präoperativ und dem mentalen Anteil des SF-36 postoperativ .....	42
Abbildung 20 - Korrelation zwischen Kyphosewinkel und OSI postoperativ.....	43
Abbildung 21 - Korrelation zwischen der Differenz der mittleren Wirbelhöhe und dem Summenwert des SF-36.....	44

---

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 - Antworten bezüglich Indikation für VP und KP [47] .....	15
Tabelle 2 - Absolute und relative Kontraindikationen der Kyphoplastie [47] .....	17
Tabelle 3 - Tabellarische Darstellung der Indexbewertung des ODI .....	27
Tabelle 4 - Tabellarische Darstellung der Wirbelhöhen- und Wirbelwinkelkorrektur .....	40
Tabelle 5 - Regressionsberechnung .....	41
Tabelle 6 - Interpretation der Korrelationskoeffizienten .....	42

## Formelverzeichnis

Formel 1 - Formel zur Berechnung des SF-36 Wertes .....	26
Formel 2 - Formel zur Berechnung des ODI .....	27
Formel 3 - Regressionsgleichung .....	41

---

## Abkürzungsverzeichnis

Abb.	Abbildung
BWK	Brustwirbelkörper
CT	Computertomogramm
DVO	Dachverband Osteologie e. V.
Hk	Hinterkante
KP	Kyphoplastie
Lig.	Ligamentum
LWK	Lendenwirbelkörper
mH	mittlere Wirbelhöhe
ODI	Oswestry Score Index
Op	Operation
PMMA	Polymethylmethacrylat
SD	Standardabweichung
SF-36	Short Form 36
VAS	Visuelle Analogskala
Vk	Vorderkante
VP	Vertebroplastie
WHO	World Health Organization

## 1 Einleitung

Die Wirbelsäule, Columna vertebralis, gliedert sich in fünf Abschnitte und setzt sich aus sieben Halswirbelkörpern, zwölf Brustwirbelkörpern, fünf Lendenwirbelkörpern, Kreuz- und Steißbein zusammen. Sie übernimmt die grundlegende Aufgabe der Lastübertragung, ermöglicht die Körperbewegung und dient dem Schutz des Rückenmarks. Die Wirbel werden zusammengehalten durch Bandscheiben, Gelenke, Bänder und Muskeln. Zwischen den Wirbelkörpern befindet sich der Discus intervertebralis. Er stellt eine flexible und aus Faserknorpel gebildete stoßdämpfende Funktionseinheit dar. Der Discus intervertebralis setzt sich aus einem äußeren Anulus fibrosus, der sich aus konzentrisch angelagerten kollagenen Bindegewebsfasern bildet, und einem inneren Nucleus pulposus, der aus gallertartigem Gewebe stoßdämpfend und Kräfte verteilend wirkt, zusammen.

Die Facettengelenke bilden kleine plane, paarige Gelenke zwischen den Knorpelflächen der Processus articularis superioris und dem benachbarten Processus articularis inferioris des anliegenden Wirbels und ermöglichen dadurch die Beweglichkeit der Wirbelsäule. Sie gehören zu der Gruppe der Diarthrosen und weisen eine relativ weite Gelenkkapsel auf. Daraus resultieren drei Freiheitsgrade der Wirbelsäule, die eine Flexion und Extension in der Sagittalebene, Lateralflexion in der Frontalebene und eine Rotation ermöglichen. Die Facettengelenke variieren im Verlauf, dadurch lässt sich die unterschiedliche Beweglichkeit der Wirbelsäulenbereiche erklären. In der Halswirbelsäule stehen die Gelenkflächen fast in der Frontalebene, dadurch ist eine ausgeprägte Rotationsbewegung im Halsbereich möglich. In der Lendenwirbelsäule stehen die Gelenkflächen in der Sagittalebene, dies erklärt eine massive Einschränkung in der Rotation. Die entsprechenden Bewegungen in der Lendenwirbelsäule zeichnen sich in der Ventralflexion und Dorsalextension aus. Ein Zusammenhalt wird mit den ligamentären Anteilen erreicht, die die Wirbelkörper untereinander an den Wirbelbögen und den Quer- und Dornfortsätzen verbindet. Eine weitere Stützkomponente ist die Rückenmuskulatur. Sie setzt sich aus autochtoner und sekundärer, eingewanderter Muskulatur zusammen und ermöglicht eine Stabilisierung in der vertikalen Achse.

Das komplexe System unserer Wirbelsäule wurde anfangs mit dem Zwei-Säulen-Modell versucht zu erklären, welches zwischen einer ventralen und dorsalen Säule

unterschieden hatte. Im klinischen Alltag setzte sich das Drei-Säulen-Modell nach Denis [1] zur Beurteilung der Wirbelsäulenstabilität durch. Das Modell ist in Abbildung 1 dargestellt. Das Denis-Modell beinhaltet eine Dreiteilung des Bewegungssegments in eine vordere (A), mittlere (B) und hintere Säule (C) bestehend aus den folgenden Strukturen:

- vordere Säule: Lig. longitudinale anterius, vordere 2/3 des Wirbelkörpers und ventraler Anteil des Anulus fibrosus
- mittlere Säule: Lig. longitudinale posterius, hinteres 1/3 des Wirbelkörpers und dorsaler Anteil des Anulus fibrosus
- hintere Säule: Wirbelbogen (inkl. Dornfortsätze, Facettengelenke, Bogenwurzel), Liggamentum supra-/interspinale, Lig. flavum, Kapsel der Intervertebralgelenke

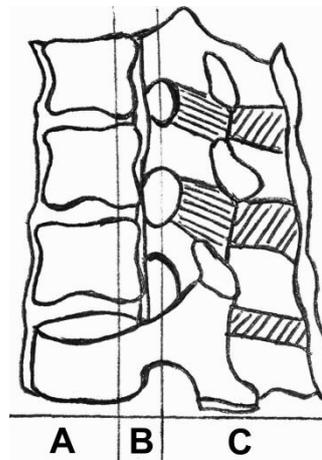


Abbildung 1 - Drei-Säulen-Modell nach Denis [1] (eigene Darstellung)

Anhand des Modells von Denis beurteilt man Verletzungen einer Säule als stabil und Verletzungen von zwei oder drei Säulen als instabil. Besonderes Augenmerk liegt auf Verletzungen der mittleren Säule. Diese gelten immer als instabil und sprechen für eine Hinterkantenbeteiligung.

Nach der Definition von White und Panjabi besteht eine klinische Instabilität, wenn „die Wirbelsäule die Fähigkeit verliert, unter physiologischen Belastungen den normalen Bewegungsspielraum so beizubehalten, dass kein neues oder zusätzliches neurologisches Defizit, Deformitäten oder Schmerzen auftreten.“

Die Weltgesundheitsorganisation (WHO) definiert die Osteoporose als eine Erkrankung des Skelettsystems, die mit einem Verlust bzw. einer Verminderung von Knochensubstanz und Knochenstruktur einhergeht und infolge dessen zu einer erhöhten Anfälligkeit für Knochenbrüche führt.

Unsere Knochendichte unterzieht sich ständig Veränderungen, die Knochenmasse steigt in der Kindheit, Jugend und frühem Erwachsenenalter an und erreicht mit dem dreißigsten Lebensjahr das Maximum, welches als „peak bone mass“ bezeichnet wird. Dabei liegt der maximale Knochendichtewert für die Wirbelsäule zwischen dem 30.- und 40. Lebensjahr [2] und für den Schenkelhals vor dem 20. Lebensjahr [3, 4]. Bei beiden Geschlechtern kommt es zu einem kontinuierlichen Rückgang der Knochenmasse, dieser ist abhängig von Lokalisation, Alter, Geschlecht, Ernährung, Risikofaktoren, Krankheiten und dem allgemeinen Lebenswandel.

Die WHO stuft die Osteoporose zu den zehn wichtigsten Erkrankungen der Gegenwart ein. Weltweit liegt die Prävalenz bei rund 200 Millionen Menschen, die an Osteoporose erkrankt sind.

In Deutschland sind mehr als 25% der Frauen nach der Menopause von der Erkrankung betroffen. Verdeutlicht wird das an den Zahlen der verschiedenen Altersgruppen. Man geht davon aus, dass im Alter von 55 Jahren bereits 7% und im Alter von 80 Jahren 19% aller Frauen in der Bundesrepublik eine Osteoporose haben. Jede dritte Frau über 50 erleidet einen durch Osteoporose bedingten Knochenbruch (Zahlen aus dem Deutschen Orthopäden-Verband e.V. 2009). Die Osteoporose zeigt einen Inzidenzanstieg auch bei der männlichen Bevölkerung. So ist jeder 5. Osteoporosepatient bereits ein Mann und die Inzidenz steigt weiter.

Die Osteoporose teilt sich wie folgt ein und geht auf Ringe [5] zurück:

1. Primäre Osteoporose (95%)

- Idiopathische Osteoporose junger Menschen (selten)
- Postmenopausale Osteoporose (= Typ I)
- Senile Osteoporose (= Typ II)

2. Sekundäre Osteoporose (5%)
  - Endokrine Ursachen
  - Malabsorptionssyndrom
  - Immobilisation
  - Iatrogen/medikamentös
3. Erkrankungen, die mit Osteoporose assoziiert sind, z.B. Rheumatische Arthritis, Morbus Crohn
4. Hereditäre Erkrankung, z.B. Osteogenesis imperfecta, Marfansyndrom

Zur Knochendichtemessung wird das DXA-Verfahren (Dual X-ray-Absorptiometrie) als am weitesten verbreitete Methode herangezogen. Die Messung erfasst die Flächendichte des Knochenmineralgehalts in g/cm<sup>2</sup>. Der T-Score bezeichnet die Standardabweichung vom Mittelwert der maximalen Knochendichte gesunder Menschen im Alter von 30 Jahren.

Eine manifeste Osteoporose besteht, wenn Wirbelkörperfrakturen ohne ein adäquates Trauma entstehen. In diesem Fall ist eine Knochendichtemessung zur Diagnoseerstellung nicht mehr notwendig [6].

Man geht davon aus, dass bereits bei einem Substanzverlust von ca. 40% der einmal erreichten maximalen Knochenmasse zu einem Knochenbruch bei einem inadäquaten Trauma kommen kann [7].

Der Schmerz, der durch eine osteoporosebedingte Wirbelkörperfraktur entstanden ist, kann von dem Patienten aus Unwissenheit mit einer Muskelzerrung oder einem Bandscheibenvorfall verwechselt werden. Dies zieht häufig eine Verzögerung der Behandlung nach sich. Ein Frakturgeschehen kann auch ohne Schmerzen ablaufen, dies resultiert aus einer langsamen Sinterung mit multiplen Mikrofrakturen. Dieser Pathomechanismus wird für den Patienten meist erst bemerkbar durch eine Reduzierung der Körpergröße und die Ausbildung eines Rundrückens durch eine verstärkte Brustkyphose [8].

In Deutschland haben bereits mehr als 2 Millionen der Osteoporosepatienten eine Wirbelkörperfraktur erlitten. Weiter zeigt sich, dass sich rund 25% der über 70-jährigen Frauen eine Wirbelkörperfraktur zugezogen haben. Die Patientinnen klagen meist über einen plötzlich stechenden und anhaltenden Schmerz von vier bis sechs Wochen oder einen chronischen Schmerz. Radiologisch stellt sich ein Höhenverlust des Wirbelkörpers von mehr als 15% dar [9–11]. Bedingt durch die zunehmenden

Schmerzen und den weiter fortschreitenden Höhenverlust der Wirbelkörper resultiert eine immer weiter zunehmende Immobilisierung der Betroffenen mit einem verändertem Gangbild und der unphysiologischen Statik, was ein erhöhtes Sturzrisiko nach sich ziehen kann [12, 13]. In der Erkankungskaskade kann bei vielen Patienten eine Verschlechterung der pulmonalen Funktion registriert werden [14, 15]. Es gibt weitere Erkenntnisse, dass dadurch eine verstärkte Isolierung und Hilfsbedürftigkeit resultiert [16–19]. Durch die Lungenerkrankungen, welche aus dem Zusammenwirken der Faktoren entstehen, lässt sich eine bis zu 23% erhöhte Sterblichkeit aufzeigen [20–22]. Diese Krankheits- und Symptomverkettung wird in Abbildung 2 verdeutlicht.

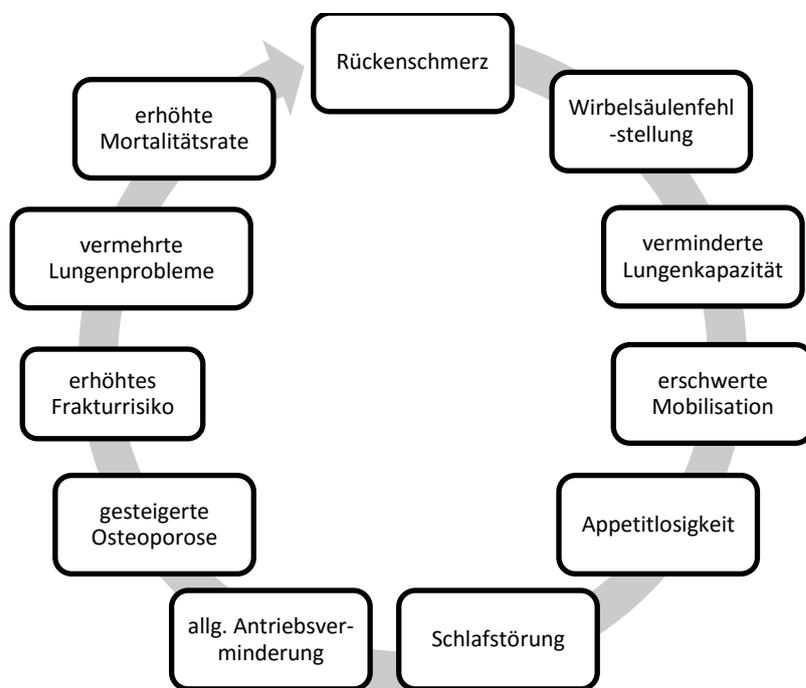


Abbildung 2 - Teufelskreis der Osteoporose [23] (eigene Darstellung)

Das Risiko, bei schon bestehender osteoporotischer Wirbelkörperfraktur noch weitere Frakturen zu erleiden, ist um mehr als das 5-fache erhöht [24, 10, 25]. In anderen Studien geht man nur von einem bis zu 2-2,5-fach erhöhten Risiko aus [26]. Die Mehrheit der Betroffenen konnte kein Trauma benennen. Dies ist in der Untersuchung von Van Staa et al. 2001 [27] gezeigt worden. Diese Studie stellt ebenfalls heraus, dass lediglich 10% der osteoporotischen Wirbelkörperfrakturen diagnostiziert werden. Bevorzugte Lokalisation ist der thorakolumbale Übergang (Th10 - L2), sowie die Mitte des thorakalen Bereichs (Th4 - Th10). Dies erklärt sich durch die große mechanische Belastung und den Wechsel vom starren Brustkorb zu der größeren Beweglichkeit der Lendenwirbelsäule [28–31].

## 2 Zielstellung

In Deutschland ereignen sich etwa 250.000 Wirbelkörperfrakturen pro Jahr. Dabei treten sie bei jüngeren Patienten im Rahmen eines Verkehrs- und Sportunfalls auf, wohingegen Wirbelkörperfrakturen bei älteren Menschen vor allem auf eine Schwäche der Knochenstruktur zurückzuführen sind. Deshalb genügen oft schon Bagateltraumen, um einen oder mehrere Wirbelkörper frakturieren zu lassen. Besonders häufig treten solche Frakturen bei Frauen postmenopausal im Rahmen einer Osteoporose auf.

In dieser Arbeit wird das Operationsverfahren zur Therapie der Osteoporose assoziierten Wirbelkörperfrakturen näher betrachtet. Dabei wird versucht mit klinischen und radiologischen Parametern das klinische Outcome der Behandlung zu verdeutlichen. In der vorliegenden Arbeit wurde ein Patientengut, welches eine Wirbelkörperfraktur erlitten hat und mit einer Kyphoplastie versorgt wurde, nachuntersucht.

Das Material wird unter folgenden Gesichtspunkten untersucht:

- Wie groß ist die klinische Effektivität der Kyphoplastie?
- Wie erfolgreich war die Wirbelkörperaufrichtung?
- Wie groß ist die symptomatische Verbesserung für den Patienten?
- Ist der Effekt auch zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung noch feststellbar?

### **3 Material und Methoden**

#### **3.1 Klassifikation einer Wirbelkörperfraktur**

Die Einteilung einer Wirbelkörperfraktur insbesondere die Differenzierung in primär stabile und primär instabile ist relevant für eine Therapie. Differenzierung Die erste Klassifikation der Frakturen wurde 1929 von Böhler vorgenommen, welcher fünf Subtypen unterschieden hatte. In der Folgezeit wurde 1966 von Junghanns eine neue Einteilung erarbeitet, dabei wurden die Segmente Bandscheibe, Wirbelkörper, Gelenkfortsatz und Bandverbindung betrachtet.

1994 hat F. P. Magerl [32] die heute noch gültige Einteilung zur Beurteilung von Frakturen im Bereich der Brust- und Lendenwirbelsäule erarbeitet. In dieser AO-Klassifikation kommt es zur Berücksichtigung der Kräfte (Kompressions-, Distraktions- und Translations-/ Rotationskräfte), die bei einem Trauma einwirken können. Sie ermöglicht so, die Klassifizierung der typischen Muster der Verletzungen an Wirbeln, Bandscheiben und dem Bandapparat einzuordnen.

Magerl unterscheidet:

- Typ A – Fraktur durch Kompressionskräfte
- Typ B – Fraktur durch einwirkende Distraktionskräfte
- Typ C – Fraktur durch Rotationskräfte verursacht

Eine weitere Unterteilung ergibt sich aus dem breitem Spektrum unterschiedlicher Verletzungen. Diese weitere Klassifizierung ist in Abbildung 3 bildlich dargestellt.

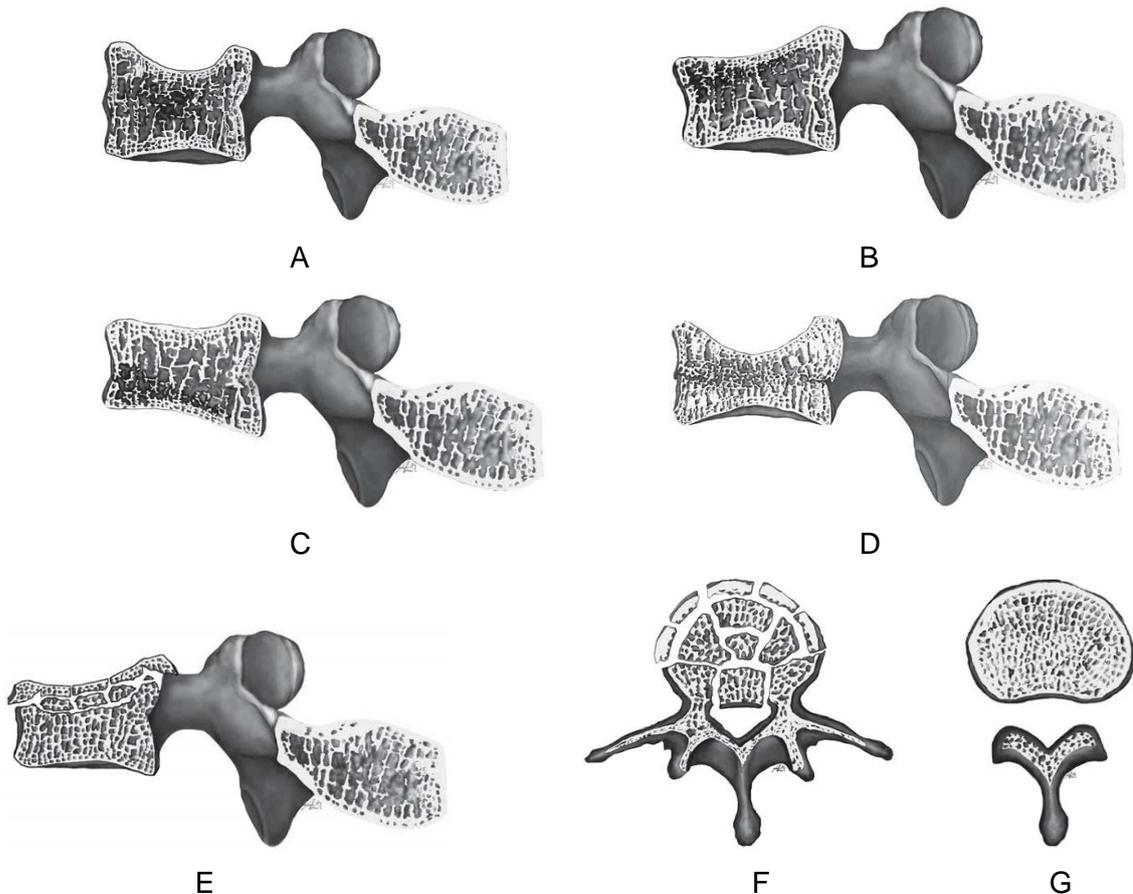


Abbildung 3 - Klassifikation der Einteilung der Wirbelkörperfrakturen nach Magerl [33]

Typ A Frakturen werden durch eine axiale Kompression der vorderen Säule mit oder ohne eine Flexion hervorgerufen und weisen intakte dorsale Bandstrukturen auf. Eine stabile Fraktur kann schmerzarm verlaufen. Je instabiler eine Fraktur ist, desto größere Bewegungseinschränkungen und Schmerzen kann sie hervorrufen. Die Kompressionsfrakturen werden im Folgenden weiter unterschieden:

Die Typ A1 Fraktur ist eine stabile Fraktur mit einer Deformität des Wirbelkörpers durch eine Kompression. Es haben sich keine Fragmente gebildet, die Hinterkante ist nicht mitbetroffen und der Spinalkanal ist nicht eingengt. In der Abbildung 3 A-D sind die einzelnen Untertypen der Fraktur A1 illustriert.

Typ A2 Frakturen umfassen die Spaltfrakturen, die in unterschiedlichstem Maß mit einer Dislokation der Fragmente einhergehen können. Hier ist auch eine Bandscheibenverlagerung möglich.

Typ A3 Frakturen beinhalten die Burstfrakturen, die sowohl die Hinterkante mitbetreffen als auch Fragmente, die den Spinalkanal einengen können. Dieser Frakturtyp ist in Abbildung 3 E-G dargestellt.

Typ B Frakturen werden auch Distraktionsverletzungen genannt. Sie werden durch starke Beugung oder Überstreckung hervorgerufen. Dabei werden meist der vordere oder hintere Bandapparat und die Bandscheibe in Mitleidenschaft gezogen. Die Frakturen betreffen vor allem den Halswirbelbereich. Bedingt durch den Frakturmechanismus können sich Hinterkantenfragmente nicht nur nach dorsal, sondern auch deutlich nach kranial verlagern. Bei der Differenzierung der Typ B Frakturen stellt sich eine B1 Verletzung hauptsächlich mit einem Defekt des dorsoligamentären Komplexes dar. Eine B2 Fraktur manifestiert sich durch eine ossäre Flexions-Distraktions-Fraktur und eine Typ 3 Verletzung durch ein Hyperextensionstrauma mit Ruptur des Diskus intervertebralis.

Die Gruppe der Typ C Frakturen umfasst Frakturen der Gelenkfortsätze mit einem Klaffen der Dornfortsätze und einer Wirbelbogenverletzung. Sie wird meist von einer Typ A oder Typ B Fraktur überlagert.

Die C1 Fraktur entspricht einer Typ A Fraktur, die mit einer kombinierten Rotation entstanden ist.

C2 Frakturen sind von den Typ C Frakturen die am häufigsten vorkommenden Frakturen und entsprechen einer Typ B Fraktur mit zusätzlicher Rotation.

Die instabilste Fraktur ist die C3 Fraktur, die durch eine Rotations- und Scherverletzung hervorgerufen wird [34]. Die C Frakturen ziehen zu 50% eine neurologische Begleitverletzung nach sich, welche sich dann nach dem Frankel-Schema unter Beurteilung der Querschnittssymptomatik weiter klassifizieren lassen.

---

## 3.2 Behandlungsmöglichkeiten von Wirbelkörperfrakturen

### 3.2.1 Konservative und medikamentöse Behandlung

Der konservative Therapieansatz setzt sich aus einer Stärkung und Koordination der Muskelkraft, Umstellung von Ernährung und Lebensstil und dem Einsatz von Medikamenten zusammen [35].

Der erste und wichtigste Ansatzpunkt bei der konservativen Therapie ist eine schnellstmögliche Mobilisierung. Dadurch wird das Risiko von Folgekomplikationen der Immobilisation reduziert, wie z.B. eine Thromboembolie, Pneumonie oder funktionelle Verluste, Muskelatrophie, Steigerung der körperlichen Beeinträchtigung, Zunahme der Sarkopenie und der Gebrechlichkeit,.

Ebenso kann eine medikamentöse Behandlung zur Schmerzlinderung in Betracht gezogen werden. In diesen Fällen setzt man bevorzugt nicht-steroidale Antiphlogistika (NSAR), Paracetamol, Metamizol oder Opiate ein. Die Schmerzmedikation sollte nur kurzzeitig erfolgen um unerwünschte Nebenwirkungen zu umgehen. Können die Schmerzen und Einschränkungen ambulant nicht unter Kontrolle gebracht werden, kann auch eine stationäre Schmerztherapie in Betracht gezogen werden, um den Patienten wieder Lebensqualität zu ermöglichen.

Der Wirkung von Vitamin D, Kalzium, Bisphosphonaten und anderer Osteoporosemedikamente wird bei der Prophylaxe und Nachbehandlung eine Senkung des Frakturrisikos zugeschrieben. Weiter macht sich ein schwacher analgetischer Effekt bei der Gabe von Bisphosphonaten bei intravenöser Hochdosistherapie bemerkbar. Bei diesem medikamentösen Therapieansatz ist das klinische Outcome erschwert zu bewerten, unter anderem aufgrund der unerwünschten Wirkungen, der Wechselwirkung mit anderen Medikamenten oder auch der häufig fehlenden Compliance des Patienten [36].

In diesem Fall sollte die Versorgung mit wirbelsäulenaufrichtenden Orthesen (Stützkorsett, Rucksackorthese, 3-Punkt-Mieder) in Betracht gezogen werden. Diese Therapiemethode verlangt eine regelmäßige radiologische Stabilitätskontrolle.

Bei dem Auftreten von chronischen Schmerzen ist die Durchführung einer Physiotherapie anzuraten, um langfristig eine Stärkung der Rückenmuskulatur und Beweglichkeit zu erreichen. Auch ist eine psychosoziale Betreuung der Patienten nach Frakturen und Stürzen angebracht, um den Circulus vitiosus, einer weiter

fortschreitenden Aktivitätseinschränkung, entgegenzuwirken und so dem Patienten die Angst zu nehmen.

Bei einem konservativen Therapieversuch sind engmaschige radiologische Verlaufskontrollen unabdingbar, um eine weitere Sinterung frühzeitig zu erkennen und mit einem operativen Verfahren zu beheben.

### **3.2.2 Vertebroplastie**

Die Vertebroplastie entwickelte sich zu einem minimalinvasiven Therapieverfahren zur Behandlung der Wirbelkörperfrakturen. Die erste Vertebroplastie fand im Jahr 1984 in Frankreich zur Therapie eines frakturgefährdeten Hämangioms statt. Publiziert wurde dieses neue Operationsverfahren erstmals von Galibert und Deramond im Jahr 1987.

Der Knochenzement, ein Polymethylmethacrylat (PMMA) stellt die grundlegende Substanz zur Knochenstabilisierung dar. Dieser fand zuvor Verwendung in der plastischen Chirurgie, z. B. bei einer Schädelverletzung im Krieg, und wurde bereits jahrzehntelang zur Fixierung von Gelenkprothesen benutzt. Dieser ist ein PMMA, welcher seine Wirkung durch eine Polymerisationsreaktion eines Binders und Härters entwickelt.

Die ersten Wirbelkörperauffüllungen wurden bei offenen Operationen verwendet, um Knochenhöhlen z. B. nach Tumorsektionen wieder aufzufüllen. Um die Risiken einer offenen Operation zu umgehen wurde ein Verfahren entwickelt, bei dem der PMMA-Zement perkutan durch ein Kanülensystem in den Wirbel eingeführt wird.

Durch die Vertebroplastie wurde eine Schmerzreduktion und eine deutliche Stabilisierung erreicht. In der Folgezeit etablierte sich dieses Verfahren zur Behandlung von anderen gutartigen und bösartigen Tumoren, Wirbelkörpermetastasen und schließlich auch zur Behandlung von osteoporotischen Wirbelkörperfrakturen [37–39].

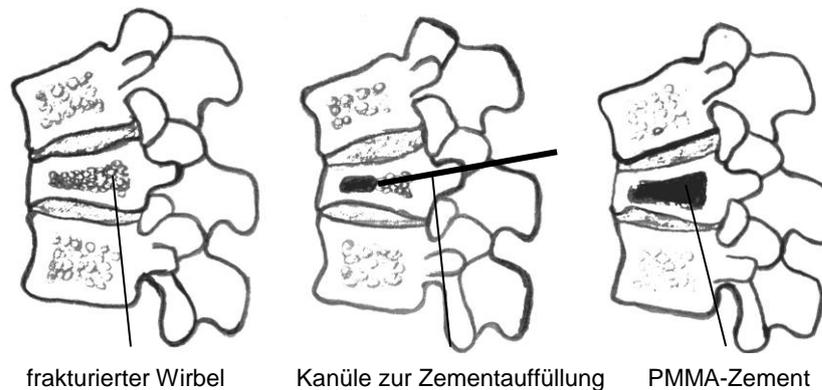


Abbildung 4 - Darstellung einer Wirbelkörperfraktur mit Stabilisierung mittels Vertebroplastie (eigene Darstellung)

Bei diesem Operationsverfahren wird, wie in Abbildung 4 dargestellt, mit Hilfe einer Kanüle niedrig visköser Knochenzement in die Spongiosa des Wirbelkörpers eingepresst. Dabei entsteht die Gefahr des Zementaustrittes durch bestehende Frakturlinien oder über das venöse Abflusssystem. Eine erfolgreiche Injektion ist besonders von dem verwendeten Zementvolumen und dem bei der Injektion ausgeübten Druck abhängig. Dies ist in der Studie von Heini et al. 2000 [40] dokumentiert. Durch das Aushärten des Zementes wird die geschwächte Struktur des Wirbels verbessert, aber eine Aufrichtung wie vor der Fraktur kann dadurch nicht erzielt werden. Dies konnte erst mit der Weiterentwicklung zur Kyphoplastie realisiert werden.

### 3.2.3 Kyphoplastie

Das weiterentwickelte Verfahren der Kyphoplastie wurde 2001 von Wong, Reiley und Garfin publiziert und findet seitdem großen Zuspruch [41]. Die Kyphoplastie stellt eine minimalinvasive perkutane Stabilisierungsmethode eines Wirbelkörpers dar.

Die Vorteile der Kyphoplastie sind die belastungsärmere Operationstechnik für den Patienten, verbunden mit einer kürzeren Operationszeit (etwa 30 - 40 min pro Wirbelkörper) und die reduzierte Durchleuchtungszeit, die bei einem erfahrenen Operateur pro Wirbelkörper unter einer Minute liegt. Für den Patienten ist eine sofortige postoperative Mobilisierung und Belastbarkeit möglich und nur ein kurzer stationärer Aufenthalt von unter drei Tagen nötig. Die Aufrichtung des Wirbelkörpers stellt durch die innere Stabilisierung sicher, dass es nicht zu einer Versteifung und Deformierung eines Bewegungssegmentes kommt.

Die Weiterentwicklung des Operationsverfahrens umfasst das vorherige Einbringen eines Ballons in den Wirbelkörper. Der Knochenzement wird somit nicht mehr direkt eingefüllt, sondern in einen vorgeformten Raum.

Die Zementaustrittsrates wird durch die Zementeinbringung in einen vorgeformten Innenraum deutlich reduziert [42, 43] und stellt damit eine deutliche Verbesserung im Vergleich zu der Vertebroplastie dar. Darüber hinaus ist die Kyphoplastie der Vertebroplastie in der Wirbelkörperaufrichtbarkeit um mehr als 67% [44], der Verbesserung des Kyphosewinkel und der Reduzierung der Folgeerkrankungen [45] überlegen.

### 3.2.4 Durchführung einer Kyphoplastie

Liegt die Indikation für eine Kyphoplastie vor, wird der Patient für eine Intubationsnarkose vorbereitet. Die Operation kann in begründeten Fällen auch mit einer Lokalanästhesie durchgeführt werden. Danach erfolgt die fachgerechte Umlagerung auf den Bauch. Dabei ist zu berücksichtigen, dass möglichst nur der Schultergürtel und das Becken aufliegen. Durch die Reduktion des vermehrten venösen Rückstroms über die Wirbel wird das Risiko starker Blutungen und Komplikationen wie Zement- oder Fettembolien gesenkt.

Für die Darstellung des Operationsgebietes und der korrekten Lage der Instrumente wird ein Bildwandler in Form eines C-Bogens benötigt. Nach einer Desinfektion und der sterilen Abdeckung folgt die Hautstichinzision. Durch die Hautschnitte wird zuerst eine

Arbeitskanüle in den frakturierten Wirbelkörper eingeführt. Dies ist zur Anschaulichkeit in Abbildung 5 A/B dargestellt.

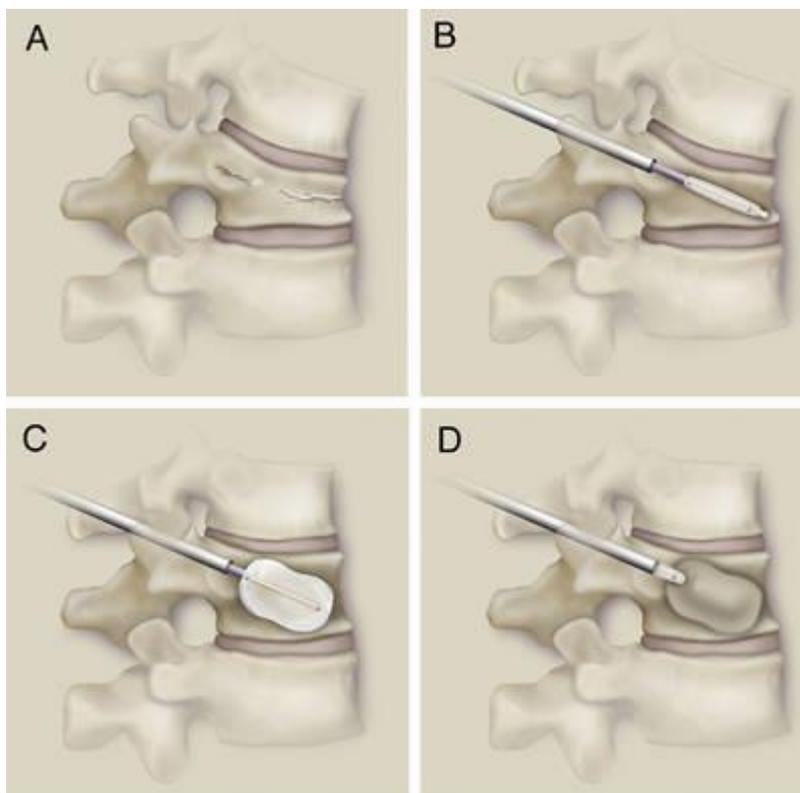


Abbildung 5 - Durchföhrung Kyphoplastie [46]

In die Arbeitskanüle wird ein Adapter mit Schaft und Ballon eingeföhrt. Während dessen erfolgt eine Röntgenkontrolle zur Überprüfung der korrekten Lage der Hohlkanülen und des Ballon-Katheters in der Mitte des Wirbelkörpers. Über diese Kanülen wird der Ballon unter kontinuierlichem Druck mit röntgendichter Flüssigkeit gefüllt, dies stellt Abbildung 5 C dar. Dabei kommt es zur Aufrichtung des Wirbelkörpers und zur Schaffung eines Hohlraums im Wirbelkörper. Ist die gewünschte Aufrichtung erreicht, wird der Ballon entfernt. Im nächsten Schritt wird der nicht resorbierbaren PMMA-Zement (ca. 2-3ml) oder den resorbierbaren Calciumphosphat-Zement in den Wirbelkörper eingefüllt, dies wird in Abbildung 5 D ersichtlich. Bis zur Aushärtung des Zementes vergehen ca. 12-15 Minuten. Anschließend erfolgt eine erneute Röntgenkontrolle. Ist das Ergebnis regelgerecht, wird die Stichinzision verschlossen und die Wunde mit einem sterilen Verband versorgt.

### 3.2.5 Indikation/Kontraindikation und Komplikationen

Die Kyphoplastie ist eine operative Methode zur Versorgung einer vertebrealen Osteoporose und osteoporotischer Wirbelkörperfrakturen. Nicht nur akute Frakturen können behandelt werden sondern auch eine osteoporotische Frakturen, welche einen über Wochen persistierenden Begleitschmerz hervorgerufen haben. Die Operation findet auch Anwendung bei progressiven Kompressionsfrakturen eines oder mehrerer Wirbel mit Entwicklung einer zunehmenden Kyphose.

Die Methode der Kyphoplastie wird auch bei der Behandlung von Tumoren herangezogen. Dabei wird sie bei osteolytischen Knochenmetastasen oder primären gutartigen Wirbelkörper Tumoren, wie z. B. Hämangiome, genutzt. Bei jüngeren Patienten findet die Operation Anwendung bei traumatischen Wirbelkörperfrakturen mit intakter Hinterwand. Die Ergebnisse der Studie Röllinghoff et al. 2010 [47] zeigen, dass die häufigste Indikation sowohl für die Vertebroplastie als auch für die Kyphoplastie ein konsistenter Rückenschmerz auf der Frakturhöhe ist. 95,4% der Befragten gaben dabei eine Visuelle Analogskala (VAS) von über fünf an. Ebenfalls zeigt die Studie, dass nur 31,2% der Teilnehmer einen bei dem Patienten vorübergehender Rückenschmerz als guten Indikationsrichtwert empfinden. In Tabelle 1 sind die Antworten bezüglich der klinischen Indikation und der Studie zusammengefasst.

Tabelle 1 - Antworten bezüglich Indikation für VP und KP [47]

	nein (%)	ja (%)	VAS
Zeitweiser Rückenschmerz im Fraktursegment	67,3	31,2	5,6 ±1,3
Permanenter Rückenschmerz im Fraktursegment	2,4	95,4	5,1±1,2
Unspezifische Rückenschmerz	42,2	56,3	
Pseudoradikulärsyndrom	73,1	24,8	
Lumboischalgie ohne neurologischem Defizit	88,4	10,1	
Lumboischalgie mit neurologischem Defizit	96,9	1,5	

Anhand der Literatur lässt sich eine Indikation für einen minimalinvasiven Eingriff bei Fortbestehen des Rückenschmerzes nach drei Wochen bei konservativer Therapie feststellen. Da auch einige Wirbelkörperkompressionsfrakturen durch eine konservative Therapie profitieren, ist das optimale Timing einer Vertebroplastie oder Kyphoplastie drei Wochen nach den ersten Symptomen [48].

---

In der Studie wurden auch radiologische Parameter zur Indikationsstellung herangezogen. Dabei stellte sich heraus, dass für die Vertebroplastie osteoporotische und pathologische Typ A1.1 Frakturen zur Indikationsstellung dienen. Ebenso kam die Studie zu dem Ergebnis, dass Typ A1.2 und A3.1 Frakturen, die durch eine Osteoporose, ein Trauma oder einen Tumor entstanden sind, eine erweiterte Indikationsstellung für eine Kyphoplastie darstellen.

Als Kontraindikationen der Kyphoplastie gelten die allgemeinen Einschränkungen, wie eine Gerinnungsstörungen und eine Anästhesieunfähigkeit. Für einen operativen Eingriff stellen schwere kardiale oder respiratorische Insuffizienzen und im Besonderen die Einschränkung einer Bauchlagerung eine Kontraindikation dar. Darüber hinaus ist vor dem Eingriff abzuklären, ob ein osteoporotischer Bruch oder ein traumatischer Bruch bei einem osteoporotischen Patienten vorliegt.

Eine strikte Kontraindikation liegt bei einer schweren Jodallergie vor, da der Ballon mit jodhaltigem Kontrastmittel gefüllt wird und das Risiko besteht, dass dieser beschädigt werden könnte. Ebenso kann eine Kyphoplastie nicht angewandt werden bei begleitender Spinalstenose, einem Bandscheibenleiden mit radikulärer Symptomatik oder einem vollständig zusammengebrochenen Wirbelkörper, der sogenannten Vertebra plana, angewandt werden. Die relevanten absoluten und relativen Kontraindikationen sind in Tabelle 2 aufgeführt.

Patienten, die nach der Magerl-Klassifikation einen Typ A2, A3, B und C oder eine instabile Wirbelfraktur mit Hinterkantenbeteiligung zugeordnet bekommen, gelten ebenfalls als ungeeignet für den Eingriff der Kyphoplastie. Die Voraussetzung für eine erfolgreiche Aufrichtung des Wirbels ist ein stabiler Wirbelkörpersockel, da dieser eine Art Widerlager für den Kyphoplastieballon darstellen muss. Dies ist bei Spaltfrakturen (A2) und den Berstungsspaltfrakturen (A3) nicht gewährleistet, da die Spaltkomponente durch die Zementeinfüllung nicht stabilisiert werden kann. Erschwert ist die Durchführung einer Kyphoplastie außerdem einer schlechten Darstellbarkeit unter Durchleuchtung, z.B. bei einer hochthorakalen Läsion oder sehr adipösen Patienten.

Tabelle 2 - Absolute und relative Kontraindikationen der Kyphoplastie [47]

<b>Absolute Kontraindikationen</b>	<b>Relative Kontraindikationen</b>
asymptomatische, stabile Wirbelkörperfraktur	neurologische Symptome des zu therapierenden Wirbelsäulensegments
ausreichende konservative Therapie	partieller/kompletter Verlust der Hinterkante bei maligner Fraktur
prophylaktische Kyphoplastie bei Osteoporose	Tumorausdehnung nach epidural mit Spinalkanaleinengung
bekannte Allergie gegen eine notwendige Komponente der Kyphoplastie	osteoporotische Fraktur mit fraglicher Instabilität der Hinterkante und Fragmentdislokation
therapierefraktäre Koagulopathie/hämorrhagische Diathese	jüngere Patienten (individuelle Abwägung)
aktive bakterielle Infektion des betroffenen Wirbelsegmentes	Behandlung von mehr als 3 Wirbelkörperhöhen in einer Sitzung
aktive systemische Infektion	prophylaktische Stabilisierung

In vielen anderen Fachrichtungen findet die Anwendung von minimalinvasiven Operationsverfahren großen Zuspruch, da es bei diesem Verfahren zu einer Reduktion der Komplikationen und einem zügigeren Heilungsergebnis kommt. Jedoch gibt es bei der Kyphoplastie keine absolute Sicherheit. Die Komplikationen können sich sehr komplex manifestieren. Es können Refrakturen des bereits kyphosierten Wirbelkörpers, Frakturen der benachbarten Wirbelkörper, ein persistierender Schmerz aber auch verschiedene Verletzungen durch die Zugangsweise oder Zementaustritte (Leckage, Extravasate) auftreten [49].

Die am häufigsten dokumentierte Komplikation ist die Zementleckage. Dabei reichen Folgen des Zementaustritts von asymptomatischen Schäden des umliegenden Gewebes über Nervenreizungen durch eine Irritation von Nervenwurzeln bis hin zu vereinzelt Zementembolien. Das wirkliche Ausmaß eines klinischen Auftretens kann sehr variabel sein. Neben Symptomlosigkeit kam es über Perfusion- und Ventilationsstörungen bis zu einem akuten kardiogenen Schock, der eine Embolektomie nach sich zieht, kommen [50]. Betrachtet man das Risiko für eine pulmonale Embolie, liegt diese bei 0,6% für die Vertebroplastie und verglichen mit der Kyphoplastie bei nur 0,01% [51]. Verursacht werden die Zementaustritte durch die

Injektion von zumeist noch zu niedrig viskösem PMMA-Zement, einem zu hohem Druck beim Einspritzen des Zementes oder einer zu große Menge.

In anderen Studien konnte gezeigt werden, dass das Zementvolumen nicht gut mit dem klinischen Outcome korreliert [52]. Es wurde ermittelt, dass klinisch relevante Komplikationen bei Kyphoplastie nur in 1% der Fälle (im Vergleich zu 2,7% bei Vertebroplastie) auftreten.

In der FREE-Studie [53] wurde das erste Mal in einer randomisierten prospektiven Studie die operative Versorgung durch die Kyphoplastie mit einer konservativen Therapie verglichen. Dabei wurden bei der Behandlung mit der Kyphoplastie Folgefrakturen in Höhe von 38% festgestellt. Bei der konservativen Therapie zeigte sich ebenfalls eine 32%-ige Refrakturrate. Daraus resultiert, dass derzeit keine medizinische Indikation für eine prophylaktische Kyphoplastie gestellt werden kann.

### **3.3 Schmerzreduktion und Schmerzerfassung**

Aus aktueller wissenschaftlicher Sicht geht man davon aus, dass die Schmerzen bei einer Wirbelkörperfraktur durch den veränderten Knochenstoffwechsel begründet sind. Dies erklärt sich durch Freisetzung von Prostaglandinen und anderen schmerzauslösenden Mediatoren [54], welche wiederum sensorische und sympathische Neurone im Knochengewebe schädigen können. Diese neuropathischen Schmerzen sind besonders schwer mit Medikamenten zu behandeln. Deshalb ist die Kyphoplastie eine geeignete Alternative zur Versorgung dieser Schmerzen und damit zur Wiederherstellung der Lebensqualität des Patienten.

Verschiedenste Untersuchungen konnten aufzeigen, dass innerhalb des ersten Tages nach dem Eingriff eine deutliche Reduktion der Schmerzen zu verzeichnen ist [55]. Als Ursache werden mechanische, thermische und auch chemische Wirkungen zur Schmerzreduktion angegeben. Die Wärmeentwicklung, die sich bei der Polymerisation des PMMA-Zementes vollzieht, kann einen Temperaturanstieg bis zu 57°C erreichen. Dadurch wird eine Zellnekrose ab Temperaturen von 42-47°C induziert. Diesen Mechanismus erklären einige Autoren [56, 57] als Grund für die sofortige Verbesserung des Zustandes. Neue Untersuchungen z. B. von Hillmeier et al. 2004 [31] widerlegen dies, da mit dem Calciumphosphat-Zement, der eine geringere Wärmeentwicklung nach sich zieht, kein signifikanter Unterschied der postoperativen Schmerzlinderung im Vergleich zum PMMA-Zement auftritt. Die Verbesserung der Trag- und Belastungsfähigkeit gilt als Grund für die Wiederherstellung der

Lebensqualität [58, 59]. Die Stabilisierung der Trabekelstrukturen wird auch als Begründung der Schmerzlinderung in Erwägung gezogen. Dadurch verringern sich die Mikrobewegungen, was zur Verbesserung der Statik im Wirbel führt [60].

### 3.4 Radiologische Untersuchung

Bei Verdacht auf eine Wirbelsäulenerkrankung ist nach einer ausführlichen Anamnese und der klinischen Untersuchung im Anschluss eine radiologische Untersuchung vorzunehmen. Das Röntgenbild ermöglicht es, die knöchernen Anteile der Wirbelsäule direkt und bindegewebige Anteile indirekt zu beurteilen. So ist es möglich den Abstand zwischen den einzelnen Wirbelkörpern, Verletzungen, wie z.B. Stauchungen oder Frakturen und die Ausdünnung der Knochenstruktur zu beurteilen. Eine regelmäßige Röntgenuntersuchung und Vergleichsaufnahmen sind für eine Beurteilung der Progredienz, für die Planung eines Eingriffes und die Einschätzung des Erfolges eines operativen Eingriffes im Vergleich zu einer konservativen Behandlungsstrategie unverzichtbar. In Abbildung 6 ist ein Beispiel für ein prä- und postoperatives Röntgenbild dargestellt. Die Bilder stammen aus dem Patientengut der vorliegenden Studie.



Abbildung 6 - Präoperatives und postoperatives Röntgenbild (eigenes Patientengut)

Zur Beurteilung der Wirbelsäule ist eine Aufnahme in sagittaler und frontaler Projektionsebene notwendig. Die Bewertung des Röntgenbildes beginnt mit der Analyse der anatomischen Form. Dazu zählen die Beschreibung der Knochen- und Gelenkkonturen, die Stellung zueinander, Unterbrechungen der Kontinuität und die Weite der Gelenkspalten. Die Knochendichte wird anhand der Analyse der Kortikalis und Spongiosa, der Ausrichtung der Knochenbälkchen und lokaler Knochenaufösungen beurteilt. In der Orthopädie werden funktionelle Röntgenaufnahmen zur Planung von Operationen und Zielaufnahmen angefertigt, um den thorakolumbalen Übergang genauer und besser beurteilen zu können. Die Röntgenbilder werden in verschiedenen Körperhaltungen angefertigt, um den Verdacht einer Instabilität zu bestätigen oder Beschwerden, die mehrheitlich bewegungsabhängig sind, auf den Grund zu gehen. Eine Wirbelsäulenaufnahme wird im Abstand von drei Metern im horizontalen Strahlengang durchgeführt. Bestehen nach der Begutachtung des konventionellen Röntgenbildes Zweifel an der Diagnose, bleibt die Option der Durchführung eines CT oder MRT.

### **3.5 Studienaufbau**

Eine Möglichkeit, den Behandlungserfolg einer Therapie und deren Einflussgrößen zu überprüfen, ist wie bei der vorliegenden Arbeit, das Modell einer retrospektiven Studie. Genauer ist hier eine offene, retrospektive, nicht randomisierte Arbeitsweise angewandt worden. Es wird der Frage nachgegangen, wie der klinische Erfolg bei der Durchführung einer Kyphoplastie aussieht. Dabei wird die Aufrichtungsfähigkeit direkt postoperativ, unter Berücksichtigung der Visuellen Analogskala, des Oswestry Score, des SF-36 und einer durchgeführten klinischen Untersuchung beurteilt.

Die Studie ist innerhalb des Evangelischen Krankenhauses Paul-Gerhardt-Stift in Lutherstadt Wittenberg unizentrisch in der Klinik für Unfallchirurgie und Orthopädie durchgeführt wurden.

Primäre Zielparameter:

- Klinische Effektivität der Kyphoplastie

Sekundäre Zielparmeter:

- Unmittelbare Schmerzreduktion nach der VAS
- Verbesserung des SF-36 Score direkt postoperativ und zur Nachuntersuchung
- Veränderung im Oswestry Score nach der Kyphoplastie
- Aktuelles klinisches Erscheinungsbild

### 3.6 Patientengut

Im Zeitraum vom 1. Januar 2008 bis 31. Dezember 2010 wurden im Evangelischen Krankenhaus Paul-Gerhardt-Stift in Lutherstadt Wittenberg 114 Patienten mit einer Kyphoplastie versorgt. In der Abbildung 7 wird die Zusammensetzung der klinischen Nachuntersuchung dargestellt. Es konnten 57 (50%) dieser Patienten nachuntersucht werden, 26 (23%) Patienten waren bereits verstorben, 15 (13%) Patienten konnten nicht zur Teilnahme an der Nachuntersuchung motiviert werden und 16 (14%) Patienten waren nicht zu kontaktieren.

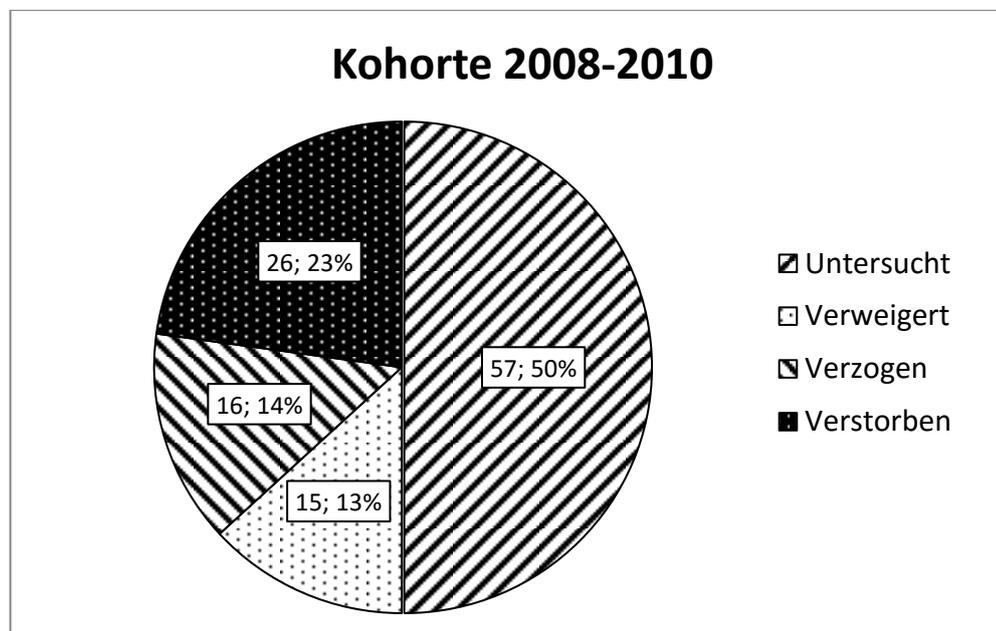


Abbildung 7 - Kohortenzusammensetzung

Einschlusskriterien:

- Patienten mit einer Wirbelkörperfraktur
- Fraktur bedingt durch Osteoporose bzw. durch ein Bagateltrauma
- Beschwerden an der Wirbelsäule auf Höhe des frakturierten Wirbelkörpers mit VAS > 5
- Operative Versorgung im Evangelischem Krankenhaus Paul-Gerhardt-Stift in Lutherstadt Wittenberg
- Nachweis einer stabilen „A“-klassifizierten Fraktur nach AO-Klassifikation nach Magerl
- Einverständniserklärung zur Nachuntersuchung

Ausschlusskriterien:

- Patienten, bei denen es aus kognitiven Fähigkeiten nicht möglich, war adäquate Antworten bei der Befragung zu erhalten
- Patienten, die durch körperliche Einschränkungen nicht zu einer Nachuntersuchung herangezogen werden konnten

Die klinische Nachuntersuchung ist in den Ambulanzräumen des Evangelischem Krankenhauses Paul-Gerhardt-Stiftes Lutherstadt Wittenberg vorgenommen worden oder, falls nicht anders zu realisieren, im häuslichen Umfeld.

### **3.7 Durchführung der Nachuntersuchung**

#### **3.7.1 Klinische Untersuchung**

Für die klinische Diagnostik der Wirbelsäule ist neben einer ausführlichen Anamnese und einer körperlichen Untersuchung, eine Bildgebung zur Diagnoseerstellung nötig, um die bestmögliche Therapie wählen zu können.

Im ersten Schritt wurden die Patienten im Rahmen der Eigenanamnese zu ihrem derzeitigen Befinden befragt, teilweise wurde dies durch eine Fremdanamnese der begleitenden Familienmitglieder komplettiert. Dabei wurde auf die Leitsymptome Schmerz, Funktionsstörung und neurologische Veränderungen besonderes Augenmerk gelegt. Bei der durchgeführten Eigenanamnese wurden mögliche Risiken für das Auftreten der multifaktoriellen Genese der Osteoporose erfragt. Darunter zählen Fragen nach dem Lebensstil (Alkohol-, Nikotinabusus, mögliche

---

Mangelernährung und Bewegungsarmut), die Einnahme von Medikamenten (z.B. Glukokortikoide), nach chronischen Erkrankungen (entzündlich rheumatische Erkrankungen, chronisch entzündliche Darmerkrankungen, chronische Niereninsuffizienz) und der hormonellen Lage (postmenopausal, Hyperparathyreoidismus, Cushing-Syndrom).

Ebenfalls wurde das Befinden zum Zeitpunkt vor und direkt nach der durchgeführten Kyphoplastie erfragt. Dabei wurde besonderes Augenmerk auf den Beginn der Symptomatik gelegt. Erfragt wurden, ob ein Trauma stattgefunden hat, wie sich die Schmerzen äußerten und ob es neurologische Ausfälle gab.

Bei der körperlichen Untersuchung wurde zunächst das Gangbild beurteilt. Im weiteren Vorgehen wurde die Beweglichkeit der Wirbelsäule mit dem Ott- und Schober-Zeichen und dem Fingerbodenabstand gemessen. Mit der manuellen Untersuchung wurde geprüft, ob ein Klopfschmerz über der Wirbelsäule oder ein Druckschmerz über dem Ileosakralgelenk besteht. Im Stehen wurde der Zehen- und Hackenstand geprüft, um ein Bild über den neurologischen Zustand und den Kraftgrad zu bekommen. Im Liegen wurde das Hüft- und Kniegelenk in allen Bewegungsachsen durchbewegt und auch die Kraft beurteilt. Weiterhin wurde der Lasegué-Test durchgeführt, der eine Einschätzung über die Weite des Spinalkanals zulässt.

Im Patientengespräch wurde erfragt, ob ein Ereignis angegeben werden kann, nach dem der Schmerz auftrat. 38 Patienten konnten ein solches Ereignis nennen. Von fünf Patienten konnte ein akutes Eintreten der Schmerzen durch ein Trauma mit direkter Vorstellung in der Rettungsstelle erfragt werden.

Bei der Auswertung der Nebenerkrankungen zeigt sich eine Spannbreite von zwei bis 18 aufgelisteten Krankheiten. Bei dem weiblichen Anteil des Patientengutes lagen die Nebenerkrankungen im Durchschnitt bei 5,63 und bei den Männern bei 7,63. Die Vielzahl der Erkrankungen reicht von der arteriellen Hypertonie bis zur analgetikabedingten Nephropathie.

### 3.7.2 Visuelle Analogskala

Die Visuelle Analogskala (VAS) ist eine Methode zur Erfassung der subjektiven Beschwerden, die besonders in der Schmerzforschung und der Schmerztherapie eingesetzt wird. Erstmals wurde dieser Methode 1921 durch Hayes und Patterson angewandt. Dabei nutzte man diese Skala zur Beurteilung von Arbeitern durch ihre Vorgesetzten.

Die VAS wird meist als Linie dargestellt, die mit einer definierten Skala von 1 bis 10 aufgezeichnet ist, bei der sich die Endpunkte jeweils mit „kein Schmerz“ und „unerträglicher“ Schmerz definieren. Der Patient markiert darauf sein subjektives Schmerzempfinden. Der abgelesene Wert wird als Prozentzahl objektivierbar gemacht. Bei Kindern oder kognitiv eingeschränkten Patienten können die Zahlenwerte auch durch Gesichter ersetzt werden, die durch Umwandlung in eine quantifizierte Angabe der Schmerzen und daraus resultierenden Zahlenwerten übertragen werden können [61, 62]. Bei einer Wiederholung dieser Methode lässt sich ein Bild über den zeitlichen Verlauf und den Erfolg einer Therapie erkennen.

### 3.7.3 Short Form 36

Der Short Form 36 (SF-36) ist ein Fragebogen zum Gesundheitszustand, welcher krankheitsübergreifend die gesundheitsbezogene Lebensqualität erfasst. Er kommt in der Medizin häufig zur Therapiekontrolle oder einer Verlaufsbeurteilung zum Einsatz. Der SF-36 ist eine verkürzte Version der von der RAND Corporation entwickelten Medical Outcome Study (MOS).

Der SF-36 ist aus acht Skalen zusammengesetzt [63]:

- **Körperliche Funktionsfähigkeit** – Ausmaß, in dem der Gesundheitszustand körperliche Aktivitäten wie Selbstversorgung, Gehen, Treppensteigen, Bücken, Heben und mittelschwere oder anstrengende Tätigkeiten beeinträchtigt ist
- **Körperliche Schmerzen** – Ausmaß der Schmerzen und Einfluss der Schmerzen auf die normale Arbeit, sowohl im als auch außerhalb des Hauses
- **Allgemeine Gesundheitswahrnehmung** – persönliche Beurteilung der Gesundheit einschließlich des aktuellen Gesundheitszustandes, zukünftige Erwartungen und der Widerstandsfähigkeit gegenüber Erkrankungen und deren Folgen

- **Körperliche Rollenfunktion** – Ausmaß, in dem der Gesundheitszustand die Arbeit oder andere tägliche Aktivitäten beeinträchtigt, zum Beispiel weniger schaffen als gewöhnlich, Einschränkungen in der Art der Aktivitäten oder Schwierigkeiten, bestimmte Aktivitäten auszuführen
- **Vitalität** – sich energiegeladener und voller Schwung fühlen versus müde und erschöpft
- **Emotionale Rollenfunktion** – Ausmaß, in dem emotionale Probleme die Arbeit und andere tägliche Aktivitäten beeinträchtigen; unter anderem weniger Zeit aufbringen, weniger schaffen und nicht so sorglos wie üblich arbeiten
- **Soziale Funktionsfähigkeit** – Ausmaß, in dem körperliche Gesundheit oder emotionale Probleme normale soziale Aktivitäten beeinträchtigen
- **Psychische Wohlbefinden** – Allgemeine psychische Erkrankungen einschließlich Depression, Angst, emotionale und verhaltensbezogene Kontrolle, allgemeine positive Stimmung

Der Fragebogen ermöglicht, den Gesundheitszustand individuell für den Patienten zu erfassen und eine Aussage darüber zu treffen, wie hoch die Belastung durch die Krankheit ist. In letzter Zeit nimmt der SF-36 eine immer stärkere Rolle bei der Beurteilung des gesundheitsökologischen Nutzens einer Therapie ein. Als Einschränkung dieses Fragebogens muss erwähnt werden, dass der Einfluss des Schlafes keine Berücksichtigung bei der Beurteilung der Lebensqualität findet und daher der SF-36 bei älteren Menschen über 65 Jahren weniger gut geeignet ist.

Der Fragebogen besteht aus 36 Fragen, die jeder Patient während der Nachuntersuchung durch sein subjektives Erleben beantwortet. Der Großteil der Fragen lässt sich binär beantworten, so dass die Patienten eine von zwei möglichen Antwortalternativen ankreuzen. Der andere Teil der Fragen setzt sich durch eine mehrstufige Antwortmöglichkeit zusammen. Die einzelnen Fragen werden als „Items“ bezeichnet und somit ergibt sich für jede Frage ein „Itemwert“, der individuell für jede mögliche Antwort einer Frage festgelegt ist. Die acht verschiedenen Skalen beschreiben jeweils einen Teil des subjektiven Befindens der Patienten. Die Skalen werden mit einem Skalenwert kodiert, der durch die Berechnung der Itemwerte ermittelt wird. Daher kann sich ein Skalenwert aus einer oder mehreren beantworteten Fragen zusammensetzen. Somit entspricht ein besserer Skalenwert einer besseren Lebensqualität des Patienten.

Die Auswertung des SF-36 beginnt mit der Addition der einzelnen Itemwerte der Skalen, welche dann durch ein computerisiertes Auswertungsprogramm in Werte zwischen 0 und 100 transformiert werden.

Vorgehensweise:

1. Umkodierung und Rekalibrierung der Items
2. Berechnung der Skalenwerte durch Addition der Itemwerte einer Skala – Berechnung des Rohwertes durch eine algebraische Summengleichung, dies ist in Tabelle I im Anhang verdeutlicht
3. Transformation der Skalenwerte - Umrechnung der Skala von 0 - 100 mit der Formel 1
4. Formel 1 - Formel zur Berechnung des SF-36 Wertes

$$\text{Transformierte Skala} = \frac{((\text{tatsächlicher Rohwert} - \text{niedrigster möglicher Rohwert}) \times 100)}{(\text{mögliche Spannweite der Rohwerte})}$$

Daraus lässt sich für die Interpretation der Items und Skalen schlussfolgern, dass ein höherer Wert einem besseren Gesundheitszustand entspricht.

### 3.7.4 Oswestry Score

Der Oswestry Score wird unabhängig von der Ursache zur Beurteilung von Schmerz- und Funktionsstatus herangezogen, die durch chronische Rückenschmerzen bedingt sind. Der Score wurde 1976 von John O’Brian entwickelt und in der Zeit bis zur Veröffentlichung 1980 durch den orthopädischen Chirurgen Stephan Einstein und die Ergotherapeutin Judith Couper weiterentwickelt. 2006 wurde der Score ins Deutsche übersetzt und findet seitdem großen Zuspruch und Verwendung. Der Oswestry Disability Index ist wissenschaftlich anerkannt und wird von zahlreichen Forschern in Studien rund um den Rückenschmerz eingesetzt. Er findet auch regelmäßige Anwendung im Praxisalltag bei der Beurteilung von Rücken- oder Nackenschmerzen.

Aufgebaut ist der Bogen, der unter dem Namen „Oswestry Disability Index“ (ODI) bekannt ist, nach diesen zehn Kriterien:

- Schmerzintensität
- Körperpflege (Waschen, Anziehen, etc.)
- Gehen
- Heben
- Sitzen
- Stehen
- Schlafen
- Sexualleben
- Gesellschaftliche Aktivität
- Reisen

Diese Kriterien müssen jeweils mit einer der sechs möglichen Antworten mit den Punktwerten von 0 - 5 beantwortet werden. Dabei entspricht der Punktwert 0 keiner Beeinträchtigung und der Punktwert 5 die maximale Einschränkung. Die Antworten ermöglichen dabei eine klassifizierte Einschätzung des Schmerzbefindens und können besser objektiviert werden. Daraus erfasst man den entsprechenden Prozentwert, der in Formel 2 dargestellt ist.

Formel 2 - Formel zur Berechnung des ODI

$$ODI = \frac{\text{erreichte Punktzahl}}{\text{maximal mögliche Punkte}} \cdot 100$$

Tabelle 3 - Tabellarische Darstellung der Indexbewertung des ODI

0-20%	minimale Behinderung
20-40%	massige Behinderung
40-60%	starke Behinderung
60-80%	invalidisierend
80-100%	bettlägerig

Aus Tabelle 3 lässt sich die Umwandlung des ermittelten Prozentsatzes zu dem entsprechenden Grad der Einschränkung ablesen und ist für Therapieentscheidungen und Verlaufskontrollen von Nutzen.

### 3.7.5 Radiologische Auswertung

Die radiologischen Bilder sind prä- und postoperativ vermessen worden. Dabei wurden die Vorderkante, mittlere Höhe und die Hinterkante im seitlichen Strahlengang erfasst. Aus diesen Untersuchungsgrößen wurden die prozentualen Veränderungen der prä- und postoperativen Messwerte bestimmt, um dadurch die Aufrichtung des frakturierten Wirbelkörpers einschätzen zu können.

Die Stärke der Wirbelkörperdeformität wird unter Zuhilfenahme des Kyphosewinkels und des Cobb-Winkels beschrieben. Der Kyphosewinkel, links in der Abbildung 8, ist definiert durch den Scheitelwinkel zweier Geraden, welche an der Grund- und Deckplatte des frakturierten Wirbelkörpers angelegt wurden. Der Cobb-Winkel lässt sich beschreiben als Scheitelwinkel der rechtwinkligen Schenkel zweier Geraden, welche an der Grund- und Deckplatte des frakturierten Wirbelkörpers am nächstgelegenen gesunden Wirbelkörper aufgelegt werden. Dies ist rechts in der Abbildung 8 dargestellt. Die damit gewonnenen Zahlen wurden ebenfalls prozentual in Beziehung gesetzt, um den Erfolg der durchgeführten Operation in Bezug auf die Wiederaufrichtung des Wirbelkörpers einzuschätzen.

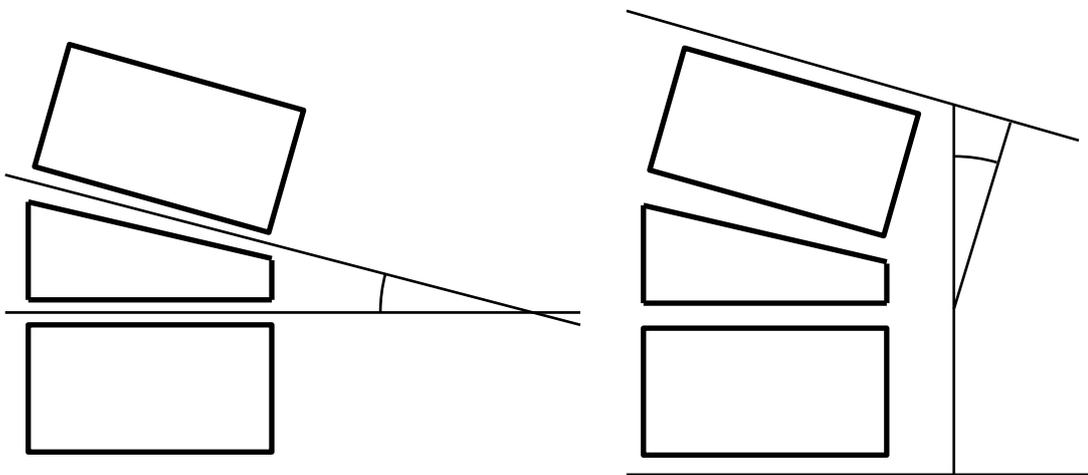


Abbildung 8 - Kyphosewinkel und Cobb-Winkel

Zur Untersuchung der eingetretenen Komplikationen kann den postoperativen Bildern entnommen werden, ob es zu einem Zementaustritt kam. Nach der Feststellung des Zementaustrittes wurde eine Einteilung nach der Lokalisation vorgenommen. Dabei wurden die Austrittsrichtungen nach lateral, ventral, kranial, dorsal und in die Bandscheibe beschrieben.

### 3.7.6 Statistische Auswertung

Die Daten der Patienten werden retrospektiv mittels einer Exceltabelle dargestellt. Jede durchgeführte Kyphoplastie wird erfasst und stellt einen Fall dar. Resultierend daraus, dass bei einigen wenigen Patienten in dem beobachteten Zeitraum eine multisegmentale Kyphoplastie durchgeführt wurde, übersteigt die Zahl der Fälle, die der eingeschlossenen Patienten (66 Fälle bei 57 Patienten). Bei diesen Patienten wird jede Fraktur mit ihrer Heilungschance als separater Fall betrachtet.

Um den Datenschutz zu wahren und für die statistische Auswertung wurde den Fällen eine laufende Nummer zur Pseudonymisierung zugeteilt und danach die Exceldatei in das SPSS 20.0 Programm überführt. In diesem Programm wurde die statistische Auswertung und Berechnung vorgenommen. Die in dieser Arbeit enthaltenen Grafiken und Tabellen wurden mit Zuhilfenahme von Excel und SPSS erstellt.

Die verwendeten Variablen waren: Geschlecht, Alter bei der Operation (in Jahren), Segmenthöhe, VAS (präoperativ, direkt postoperativ, zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung im Skalenniveau von 0 bis 10), SF-36 (präoperativ, direkt postoperativ, zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung), Oswestry Score Index (präoperativ, direkt postoperativ, zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung nach Berechnung), mittlere Nachuntersuchungszeit (in Monaten), Dauer des stationären Aufenthaltes (in Tagen), Vorderkantenhöhe, mittlere Wirbelhöhe, Hinterkantenhöhe (in Bild-mm), Kyphosewinkel und Cobb-Winkel (in °).

Die aufgenommenen Daten wurden durch Mittelwerte mit jeweiliger Standardabweichung (SD: Standard Deviation), Minimum- und Maximumangaben unter Angabe der Spannweite beschrieben. Zur graphischen Darstellung der Variabilität von Werten und mittleren Unterschieden wurden Boxplots mit Fehlerbalken herangezogen. Balken- und Kreisdiagramme verdeutlichen die absoluten Häufigkeiten und eine gewisse Rangfolge. Nach Auswertung der Daten wurden die Ergebnisse in Tabellen mit Häufigkeitsangaben dargestellt und zur bestmöglichen Visualisierung in Grafiken übertragen.

Die Ergebnisse der VAS, SF-36, ODI können als symmetrisch metrisch Daten angesehen werden. Deshalb wird bei der Testung auf Signifikanz das Testverfahren des t-Test für abhängige Gruppen genutzt, da es sich um eine wiederholte Messung an einem Patienten handelt. Ordinal skalierte Zielgrößen werden aufgezählt und in entsprechende Prozentangaben umgerechnet.

Als deskriptive Schätzgrößen wurden Mittelwerte und Standardabweichungen sowie Medianwerte mit Minimal- und Maximalwerten und Konfidenzintervalle (95%) errechnet. Alle Signifikanzprüfungen wurden mit dem 5% Niveau durchgeführt (d.h. Ablehnung der Nullhypothese bei  $p\text{-Wert} < 0,05$ ).

Bei der Regressionsbetrachtung wird die bivariate Regression angewandt. Es handelt sich um eine einfache lineare Regressionsanalyse. Untersucht wird dabei die kausale oder prognostische Relevanz einer unabhängigen Variablen für eine abhängige Variable. Als Voraussetzung gilt, dass die abhängige Variable ein metrisches Skalenniveau aufweisen muss. Die unabhängige Variable kann dagegen metrisch oder dichotom sein.

Die Korrelation beschreibt die Stärke des Zusammenhanges zweier Variablen. Der errechnete Koeffizient stellt damit den linearen Zusammenhang dar und kann Werte zwischen -1 bis 1 annehmen. Ein positiver Wert stellt dabei eine positive lineare Korrelation, ein negativer Wert eine negative Korrelation dar.

## 4 Ergebnisse

### 4.1 Patientengut

#### 4.1.1 Geschlechtsverteilung

In dem betrachteten Zeitraum setzt sich der Studienumfang aus 57 nachuntersuchten Patienten mit 66 durchgeführten Kyphoplastien zusammen. Das Patientengut besteht aus 52 (78,8%) weiblichen und 14 (21,2%) männlichen Patienten, bezogen auf die Gesamtanzahl der durchgeführten Kyphoplastien. Dies wird in Abbildung 9 zur Geschlechtsverteilung dargestellt.

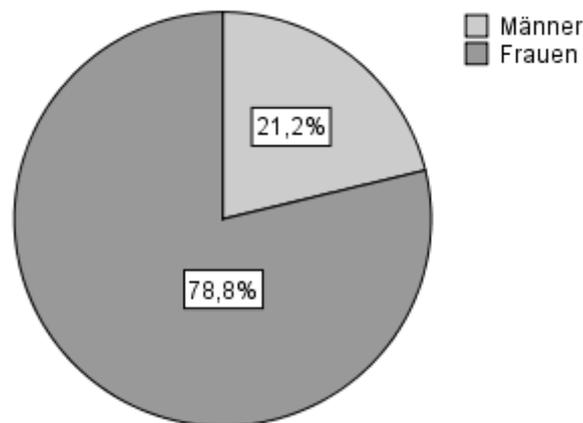


Abbildung 9 - Geschlechtsverteilung

Abbildung 10 zeigt, dass bei sieben Patienten eine multisegmentale Kyphoplastie durchgeführt wurde. Fünf Patienten (8,8%) hatten in zwei Segmenten und zwei Patienten (3,5%) in drei Segmenten eine Wirbelkörperfraktur. Die Geschlechtsverteilung bei der multisegmentalen Durchführung zeigt, dass zwei Segmente bei vier Frauen und einem Mann betroffen sind und bei den Patienten mit drei betroffenen Segmenten eine ausgeglichene Verteilung vorliegt.

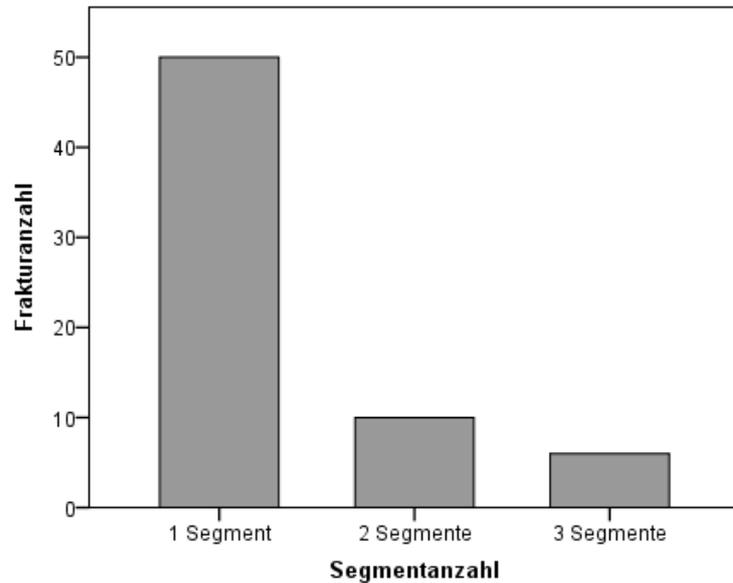


Abbildung 10 - Frakturanzahl

#### 4.1.2 Altersstruktur

Die Altersstruktur beträgt im Durchschnitt 71 Jahre mit einer Spannweite von 54 - 85 Jahren und einer Standardabweichung von  $\pm 8,9$  Jahren. Der Mittelwert bei den männlichen Patienten liegt mit 68 Jahren unterhalb des Mittelwertes der weiblichen Patienten mit 71 Jahren. Es stellt sich heraus, dass mehr als die Hälfte der Patienten in der Altersgruppe der über 70-jährigen liegen. Dieses Ergebnis ist in Abbildung 11 abzulesen.

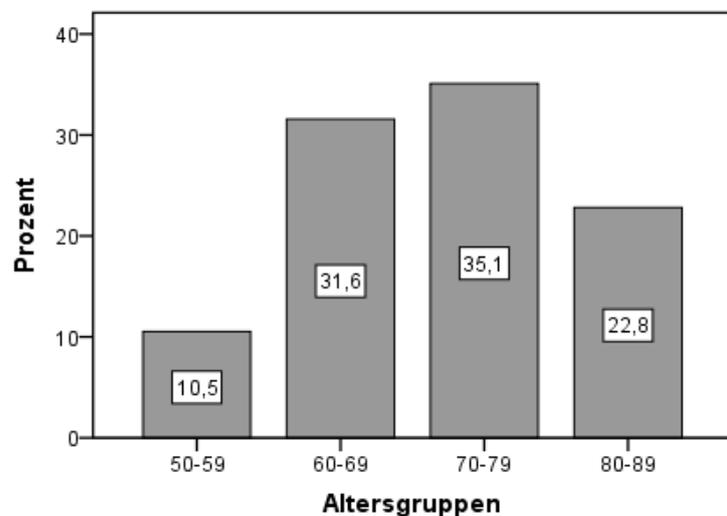


Abbildung 11 - Altersstruktur

Wird die Beziehung zwischen dem Geschlecht und dem Alter zum Zeitpunkt der OP betrachtet, zeichnet sich bei dem weiblichen Anteil eine größere Spannweite (33 Jahre) im Vergleich zu den Männern (22 Jahre) ab. Dieser Sachverhalt ist in Abbildung 12 dargestellt. Des Weiteren lässt sich ablesen, dass bei den Frauen eine Wirbelkörperfraktur bereits in jüngerem Alter (54 Jahren) auftritt. Das Eintrittsalter bei Frauen liegt damit 17 Jahre unter dem mittleren Eintrittsalter und 15 Jahre unter dem Konfidenzintervall, in dem 95 % der Betroffenen liegen. Bei den männlichen Betroffenen ist ein solcher Ausreißer nicht zu verzeichnen, hier liegen der Jüngste vier Jahre und der Älteste acht Jahre vom Konfidenzintervall entfernt.

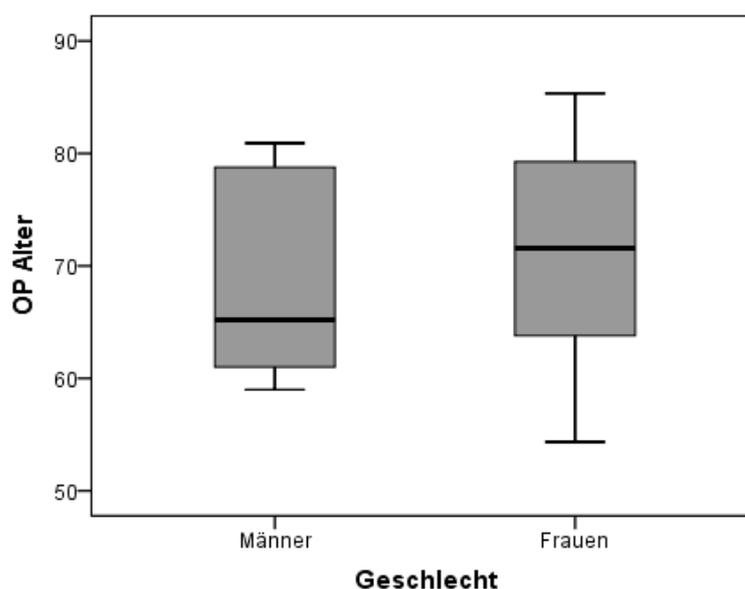


Abbildung 12 - Beziehung OP-Alter und Geschlecht

#### 4.1.3 Stationärer Aufenthalt und Nachuntersuchungszeit

Im Durchschnitt beträgt die stationäre Liegedauer acht Tage mit einer Spannweite von 3 – 18 Tagen und einer Standardabweichung  $\pm 2,94$ . Es zeigt sich, dass 47% der Patienten bereits binnen der ersten drei Tage operativ versorgt werden. Bei Betrachtung der postoperativen Liegezeit lässt sich ein Wert von mindestens vier Tagen (genau 3,58 Tagen) ermitteln. Es muss erwähnt werden, dass es eine Spannweite von 2 bis 13 Tagen gibt. Die relativ kurze postoperative Liegezeit lässt auf eine schnell einsetzende Besserung schließen. Bei den Ausreißern handelt es sich bei der Verweildauer von 17 Tagen um eine Frau, die eine Fraktur über zwei Segmente aufweist. Sie hielt sich 13 Tage prästationär auf, diese relativ lange Liegezeit lässt sich

mit einem anfänglich konservativen Therapieansatz begründen. Der kurze postoperative Aufenthalt spricht für das gute Ansprechen auf die operative Therapie. Bei der Verweildauer von 18 Tagen handelt es sich um einen Mann, der eine der beiden dreisegmentalen Frakturen aufweist. Die postoperative Liegezeit beträgt 13 Tage und ist mit einem erneuten operativen Eingriff zur Anlage eines Fixateurs interne zu begründen. Dieser Verteilung ist in der Abbildung 13 grafisch dargestellt.

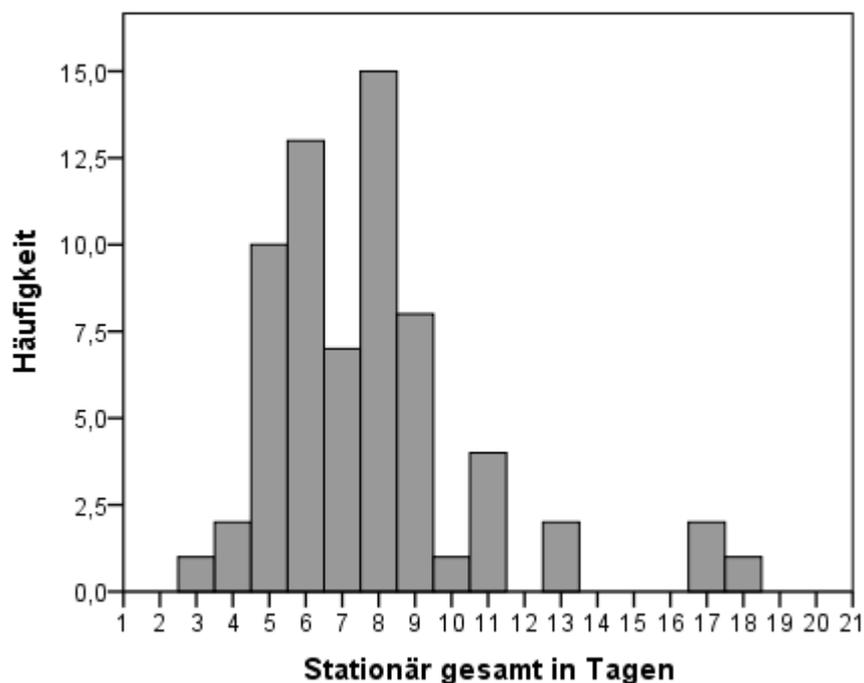


Abbildung 13 - Stationärer Aufenthalt

Die Kyphoplastien wurden im Zeitraum vom 1. Januar 2008 bis 31. Dezember 2010 durchgeführt, die mittlere Nachuntersuchungszeit beträgt 28,2 Monate mit einer relativ großen Streuung von 14 bis 48 Monaten. Aus Abbildung 14 ist dieses Ergebnis zu entnehmen. Die große Streuung ergibt sich aus dem festgesetzten Nachuntersuchungs-zeitraum im ersten Quartal 2012.

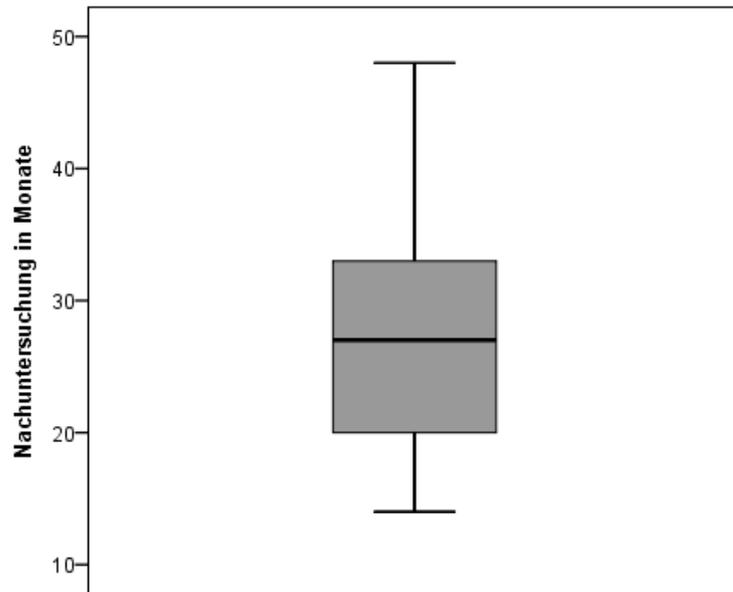


Abbildung 14 - Nachuntersuchungszeitraum

#### 4.1.4 Betroffene Segmenthöhe

In der vorliegenden Untersuchung stellt sich der betroffene Segmentbereich von dem 10. Brustwirbel bis zum 5. Lendenwirbel dar. Aus Abbildung 15 wird ersichtlich, dass bei einem Drittel der Frakturen die Segmente des thorakolumbalen Übergangs betroffen sind. Schließt man in diese Betrachtung den Bereich BWK11–LWK2 ein, so sind bereits 60% der betroffenen Segmente enthalten.

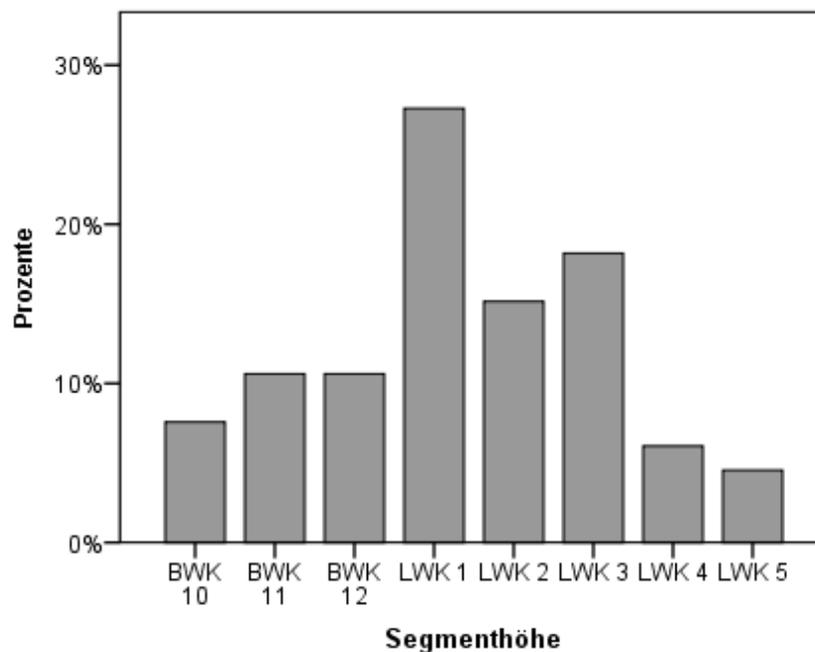


Abbildung 15 - Frakturlokalisierung

#### 4.1.5 Komplikationen

Bei den 66 durchgeführten Kyphoplastien werden 15 (22,7%) Komplikationen dokumentiert. Dabei stellen 9% einen Zementaustritt dar. Davon sind 42,8% ohne eine Symptomatik, 28,6% weisen einen sensiblen Ausfall auf und genauso viele zeigen eine sensible und motorische Schwäche auf. Es ist eine Anschlussfraktur verzeichnet, die sich an den zuvor frakturierten Wirbel anschließt. Die Revisionen werden mit einem Fixateur interne versorgt. Dies erklärt die längste postoperative Liegezeit von 13 Tagen. Die Verteilung der Komplikationen ist in Abbildung 16 verdeutlicht.

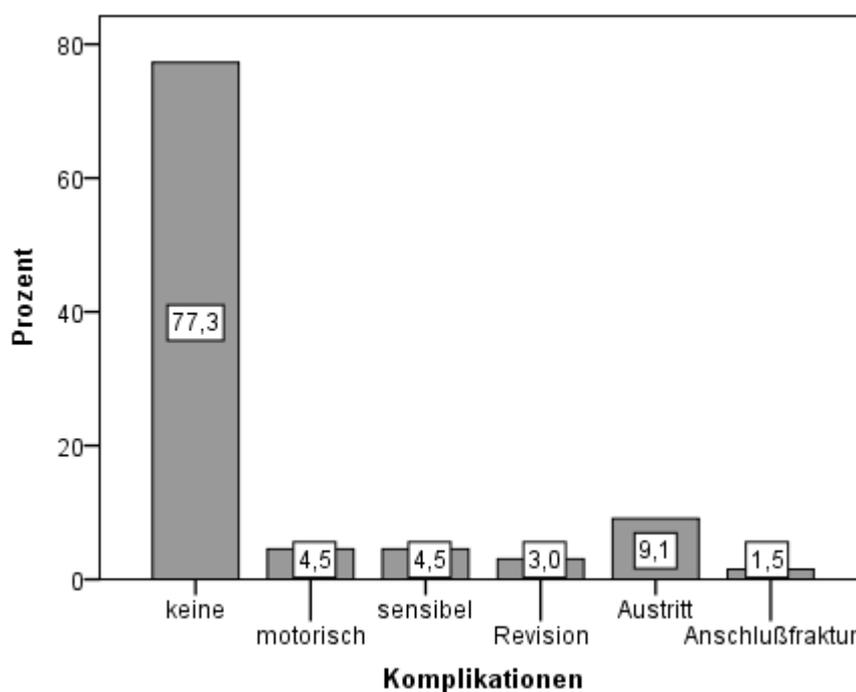


Abbildung 16 - Eintretene Komplikationen bei den 66 durchgeführten Kyphoplastien

In absoluten Zahlen weisen 51 Kyphoplastien keine Komplikation auf. Die häufigste Komplikation ist der Zementaustritt mit sechs Fällen. Bei jeweils drei Eingriffen werden motorische oder sensible Defizite festgestellt. Bei zwei Patienten muss eine Revisionsoperation durchgeführt werden und bei einem Eingriff kam es danach zu einer Anschlussfraktur.

## 4.2 Klinisches Outcome und radiologische Auswertung

### 4.2.1 Visuelle Analogskala

Die mittlere präoperative Schmerzempfindung der Patienten nach der VAS ist 8,7 (6 – 10; SD1,2). Einige Patienten gaben vor der Operation bereits einen maximal vorstellbaren Schmerz (VAS=10) an. Die mittlere postoperative Schmerzempfindung ist 1,9 (0 – 7; SD1,7) und die Schmerzempfindung zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung ist 2 (0 – 8; SD1,7). Sowohl direkt nach dem Eingriff als auch zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung wurde von einigen Patienten eine vollkommene Schmerzfremheit (VAS=0) angegeben. Somit ist eine Reduktion der Schmerzen (Differenz der mittleren VAS) um 6,8 Einheiten festzustellen. In Abbildung 17 ist die Reduktion des Schmerzempfindens vor, direkt nach der Operation und zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung verbildlicht.

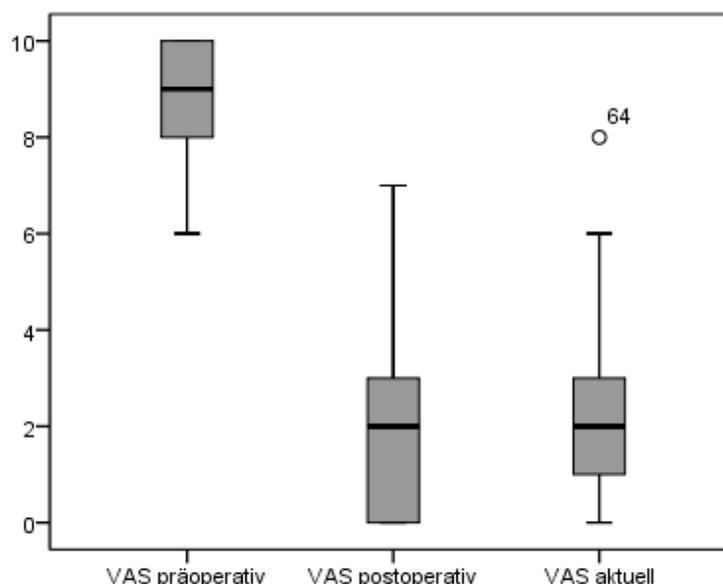


Abbildung 17 - VAS im klinischen Verlauf

Mit einer Kyphoplastie ist eine signifikante Senkung der mittleren Schmerzempfindung mit Hilfe der VAS Methode ( $p < 0,001$ ) direkt nach der Operation festzustellen.

Bei der Ursachensuche eines postoperativen Ausreißers mit einem VAS Wert von sieben gibt die Betrachtung der Nebenerkrankungen keinen Aufschluss (Hypothyreose, arterielle Hypertonie). Die Tatsache, dass die Patientin mit 85 Jahren zu den ältesten gehört und es sich bei ihr um eine fortgeschrittene Osteoporose handelt, kann diesen Ausreißer erklären.

#### 4.2.2 Short Form-36

Die Betrachtung der Untersuchungsgruppe mit Hilfe der SF-36 Fragebögen lässt eine getrennte Beurteilung des mentalen und des körperlichen Zustandes zu. Dabei lässt sich ein mentaler Mittelwert präoperativ von 35,1 (24,1 - 48,5; SD7,03) und durch die Intervention der Kyphoplastie ein Anstieg auf 47,4 (31,4 - 57,36; SD6,93) verzeichnen. Dies macht eine prozentuelle Verbesserung von 35% aus. Ein ähnliches Ergebnis lässt sich auch bei der körperlichen Zustandsbetrachtung erkennen, bei der der präoperative Mittelwert bei 25,2 (17,2 - 35,4; SD4,34) und der postoperativ bei 43,2 (27,9 - 59,2; SD8,21) liegt und damit eine Optimierung um 71,4% aufzeigt. Dieses Ergebnis lässt sich auch bei der Summenbetrachtung des SF-36 aufzeigen. Die prozentuale Verbesserung kann mit 50,2% angegeben werden. Dieser Wert ergibt sich aus einem präoperativen Summenwert von 60,3 (47,6 - 80,6; SD6,19) und der Steigerung auf 90,6 (66,2 - 109,2; SD8,93).

#### 4.2.3 Oswestry Score

Bei der Betrachtung des mittleren Oswestry Score Index (ODI) zeigt sich präoperativ ein Wert von 81,2% (33,3% - 97,8%; SD12,8), dies entspricht einer Beeinträchtigung im Sinne der Bettlägerigkeit, wobei es auch Patienten gibt, die nur mäßig behindert waren. Der mittlere postoperative ODI ist 26,2% (0% - 66,7%; SD14,7), was eine mäßige Behinderung bedeutet. Es gibt jedoch auch Patienten, die nur eine minimale Behinderung aufweisen. Es kann somit eine Reduktion (Differenz der ODI) des Maßes der Behinderung um 55% aufgezeigt werden. Die Abbildung 18 zeigt die Reduktion des Maßes der Behinderung vor und nach der Kyphoplastie.

Die Operationstechnik der Kyphoplastie weist eine signifikante Linderung des Maßes der Behinderung nach der Beurteilung mit dem ODI ( $p < 0,001$ ) auf. Bei der näheren Betrachtung der Ausreißer fällt auf, dass verstärkt die Patienten mit multisegmentaler Fraktur von einem sehr hohen ODI-Wert im Bereich der Bettlägerigkeit starten. Trotz einer sehr guten Reduktion der Beeinträchtigung von etwa 50% resultiert dieser Anteil der Patienten bei einer mäßigen Behinderung im Alltag. Präoperativ fällt ein sehr niedriger Wert eines Patienten auf (\*5). Der genaue Zahlenwert liegt bei 33,3%. Dabei handelt es sich um eine weibliche Patientin mit einem Operationsalter von 76. Als mögliche Ursache der relativ geringen Einschränkung könnte der konservative Therapieansatz präoperativ angesehen werden. Des Weiteren gibt diese Patientin

auch nur einen VAS vom Zahlenwert 6 an. Bei dem maximalen ODI-Wert postoperativ von 66,7% besteht ein asymptomatischer Zementaustritt. Eine Begründung für diesen hohen Wert kann nicht gefunden werden. In diesem Fall handelt es sich um eine weibliche Person im Alter von 83 Jahren, die eine hohe Komorbidität aufweist.

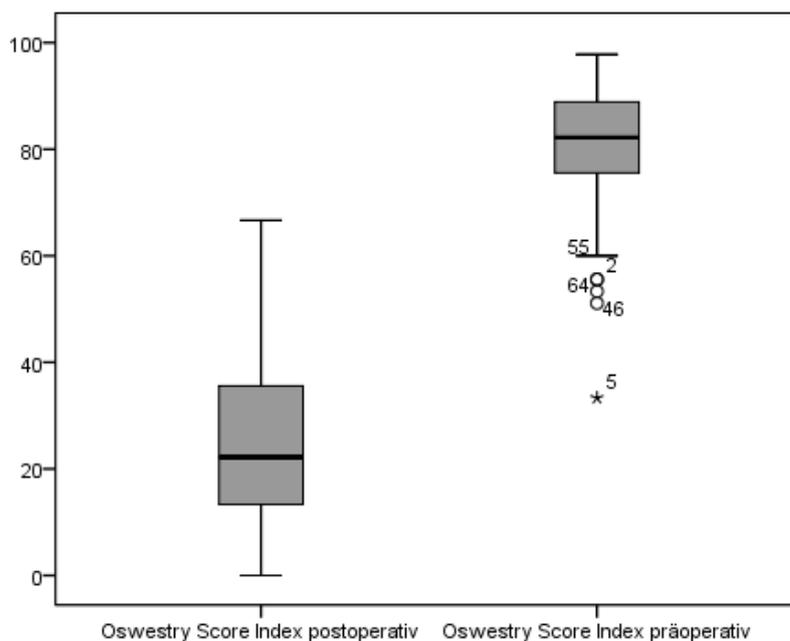


Abbildung 18 - Oswestry Score im klinischem Verlauf

#### 4.2.4 Radiologische Auswertung

Bei der Betrachtung der Wirbelhöhen lässt sich eine Aufrichtung des Wirbelkörpers erkennen. Die Vorderkanten (Vk) weisen präoperativ einen Mittelwert von 21,7mm (12,3mm - 34,4mm; SD4,5) auf. Dieser lässt sich nach der Operation auf 24,8mm (18,3mm - 38,5mm; SD4,7) verbessern, was einer prozentualen Steigerung von 14,3 % entspricht.

Die Aufrichtung der mittleren Wirbelhöhe (mH) zeigt nach Auswertung der Wirbelmaße eine ähnliche Größenordnung wie bei der Vorderkantenuntersuchung. Präoperativ liegt der Mittelwert bei 21,5mm (13,7mm - 36,5mm; SD4,4) und kann durch die Kyphoplastie im Mittel auf 25,4mm (18,4mm - 40,8mm; SD4,7) gesteigert werden. Die Aufrichtung der Wirbelhöhe lässt sich mittels Kyphoplastie um 18,1 Prozent steigern.

Die Hinterkantenhöhe (Hk) zeigt wie die beiden anderen Höhenparameter des Wirbelkörpers eine Zunahme. Dabei weist der Mittelwert präoperativ einen Wert von

25,4mm (18,4mm - 39,5mm; SD4,6) und postoperativ von 26,8mm (19,1mm - 40,6mm; SD5,1) auf und damit den geringsten Anstieg mit nur 5,5 Prozent. In Tabelle 4 sind die Mittelwerte der Wirbelhöhen, Kyphose- und Cobb-Winkel und deren Korrektur zusammengefasst.

Tabelle 4 - Tabellarische Darstellung der Wirbelhöhen- und Wirbelwinkelkorrektur

	<b>Vorderkante (mm)</b>	<b>Mittlere Wirbelhöhe (mm)</b>	<b>Hinterkante (mm)</b>	<b>Kyphose- winkel (°)</b>	<b>Cobb- Winkel (°)</b>
präoperativ	21,7 (4,5)	21,5 (4,4)	25,4 (4,6)	10,2 (3,1)	11,9 (2,6)
postoperativ	24,8 (4,7)	25,4 (4,7)	26,8 (5,1)	6,3 (2,4)	9,4 (1,9)
Korrektur	3,1	3,9	1,4	3,9	2,6
Korrektur (%)	14,3	18,1	5,5	38,2	21,0

Der Kyphosewinkel als Merkmal der Deformität wird präoperativ mit im Mittel 10,2° (2,3° - 15,6°; SD3,1) auf postoperativ 6,3° (1,3° - 12,8°; SD2,4) reduziert, was einer Korrektur von 38,2 Prozent entspricht. Ein ähnliches Bild liefert die Betrachtung der Deformität nach dem Cobb-Winkel. Der Mittelwert vor dem Eingriff liegt bei 11,9° (7,2° - 17,2°; SD2,6) und kann nach der Kyphoplastie auf ein Mittel von 9,4° (5,4° - 14,5°; SD1,9) gesenkt werden, was einer Reduktion von 21,0% entspricht. Die radiologischen Winkelgrößen der Wirbel und die daraus resultierende Korrektur ist in Tabelle 4 dargestellt.

### 4.3 Regression und Korrelation

Mit der Regessionsanalyse wird versucht eine Beziehung zwischen einer abhängigen und einer oder mehrerer unabhängigen Variablen festzustellen. Er wird versucht einen quantitativen Zusammenhang zu beschreiben und Werte der abhängigen Variablen vorherzusagen.

Die ANOVA (analysis of variance) ergibt, dass es sich um eine signifikante Vorhersage handelt ( $p < 0,000$ , hoch signifikant). Mit dieser Messgröße wird getestet, ob die Varianz zwischen den Gruppen größer ist als die Varianz innerhalb der Gruppe.

Unter dieser Voraussetzung kann die Regressionsberechnung erfolgen, deren Werte in Tabelle 5 aufgelistet sind.

Tabelle 5 - Regressionsberechnung

Modell	Koeffizienten <sup>a</sup>				T	Sig.
	Nicht standardisierte Koeffizienten		Standardisierte Koeffizienten	Beta		
	Regressionskoeffizient	Standardfehler				
(Konstante)	4,531	2,923			1,550	,126
Geschlecht	-1,192	,548	-,214		-2,175	,034
OP Alter	-,032	,026	-,123		-1,217	,228
Segmenthöhe	-,006	,055	-,011		-,105	,917
Kyphosewinkel präoperativ	,491	,076	,657		6,469	,000
VAS präoperativ	-,140	,192	-,074		-,732	,467

a. Abhängige Variable: Kyphosewinkel Differenz

Die Regressionsberechnung liefert signifikante Beiträge zur Varianzaufklärung. Bei den signifikanten Variablen handelt es sich um den präoperativen Kyphosewinkel und das Geschlecht des Patienten. Bei der Angabe der Formel zur Modellberechnung müssen jedoch alle Prädiktoren in die Gleichung einbezogen werden. Die errechnete Modellberechnung ist in Formel 3 dargestellt.

#### Formel 3 - Regressionsgleichung

$$Y \text{ Kyph. Diff} = 4,531 - 1,192 * X \text{ Geschlecht} - 0,032 * X \text{ Op Alter} - 0,006 * X \text{ Segmenthöhe} + 0,491 * X \text{ Kyph präop} - 0,14 * X \text{ VAS präop}$$

Nachfolgend wird unter Zuhilfenahme der Korrelationsberechnungen versucht, eine Wechselwirkung zwischen den in der Studie dokumentierten Untersuchungsgrößen aufzuzeigen.

Bei der Korrelationsberechnung wurden die Größen VAS, Oswestry Score Index, der SF-36 (in Teil – und Summenbetrachtung), der Kyphose- und Cobb-Winkel prä- und postoperativ und die radiologischen Wirbelhöhen einbezogen. Auszüge der Korrelationsberechnungen sind im Anhang aufgeführt.

Für die Interpretation des Betrages des Koeffizienten, sowie eine Schlussfolgerung auf die Stärke des Zusammenhanges kann als Orientierungshilfe die Anleitung in Tabelle 6 genutzt werden. Allgemein lässt sich sagen, dass ein linearer Zusammenhang umso stärker ist, je größer der Betrag des Koeffizienten ist.

Tabelle 6 - Interpretation der Korrelationskoeffizienten

Betrag des Korrelationskoeffizienten	Interpretation
0	keine Korrelation
über 0 bis 0,2	sehr schwache Korrelation
0,2 bis 0,4	schwache Korrelation
0,4 bis 0,6	mittlere Korrelation
0,6 bis 0,8	starke Korrelation
0,8 bis unter 1	sehr starke Korrelation
1	perfekte Korrelation

Beim Versuch eine Korrelation zwischen der Aufrichtung des Wirbelkörpers und der Lebensqualität zu finden, zeigt sich nur eine schwache Korrelation mit einem Korrelationskoeffizienten von 0,336 zwischen dem Cobb-Winkel präoperativ und dem mentalem postoperativen SF-36. Diese Korrelation ist auf einem Niveau von 0,01 signifikant. Die grafische Darstellung ist in Abbildung 19 verdeutlicht.

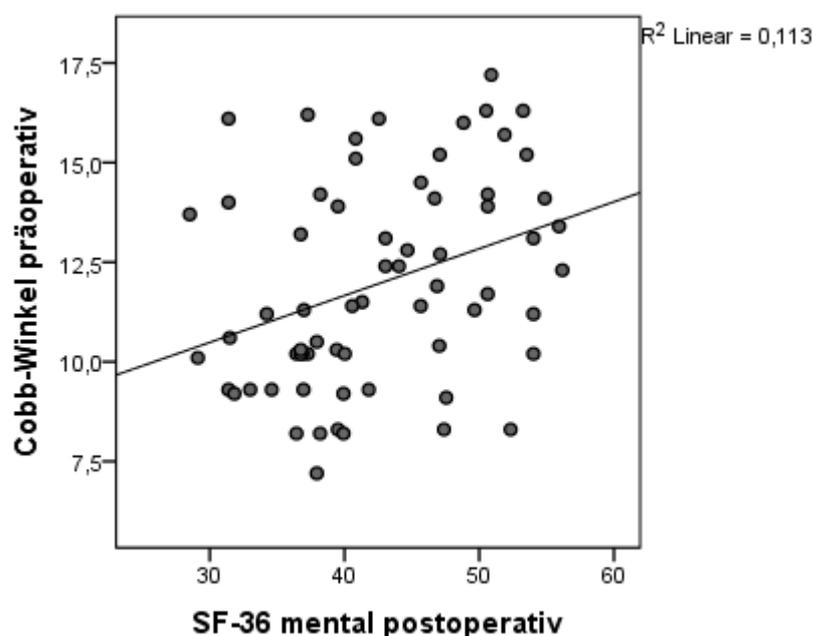


Abbildung 19 - Korrelation zwischen Cobb-Winkel präoperativ und dem mentalen Anteil des SF-36 postoperativ

Aus der Abbildung und der Korrelationsbeziehung lässt sich ableiten, dass ein größerer präoperativer Cobb-Winkel ein besseres postoperatives mentales SF-36 Ergebnis nach sich zieht. Da ein größerer Cobb-Winkel für ein Vorliegen einer stärkeren Fraktur

spricht, zeigt der lineare Zusammenhang mit dem SF-36 ein verbessertes klinisches Outcome für den Patienten nach einer Kyphoplastie.

Ein weiterer radiologischer Wert korreliert schwach mit einem weiteren Parameter der Lebensqualität, dem Oswestry Score. Der Korrelationskoeffizient liegt hier bei der Betrachtung des postoperativen Kyphosewinkels mit dem postoperativen Oswestry Score mit einem Wert von 0,264. Dieses Ergebnis ist auf einem Niveau von 0,05 signifikant. Das Streudiagramm in Abbildung 20 verdeutlicht diesen Zusammenhang.

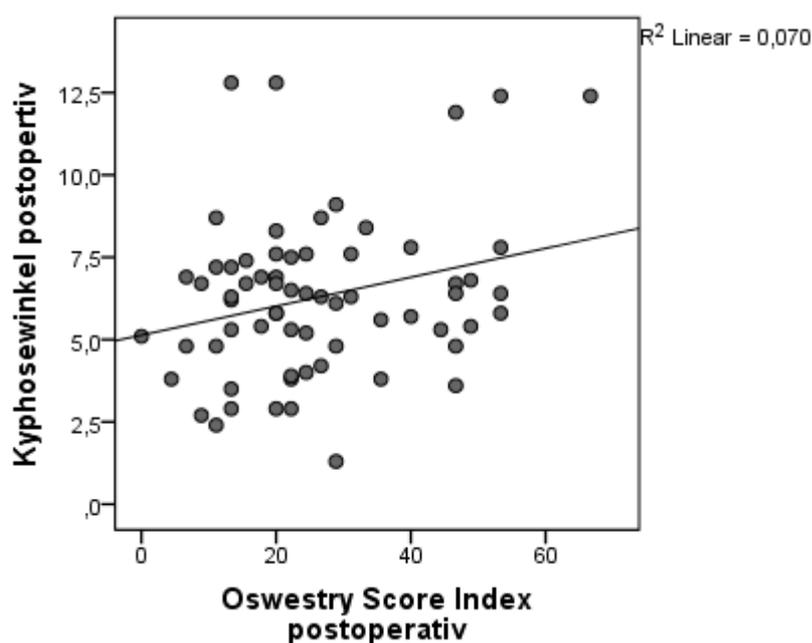


Abbildung 20 - Korrelation zwischen Kyphosewinkel und OSI postoperativ

Aus dieser Abbildung lässt sich entnehmen, dass postoperativ beim Vorliegen eines größeren Kyphosewinkels noch ein höherer Oswestry Score korreliert, was einer größeren Einschränkung der Lebensqualität entspricht.

Bei der weiteren Korrelationsbetrachtung zeigt sich eine mittlere Korrelation der Skalen der Lebensqualität. Die Visuelle Analogskala korreliert mit dem Oswestry Score Index präoperativ mit einem Wert von 0,428 und postoperativ 0,584. Damit lässt sich zeigen, dass beide Untersuchungsmöglichkeiten eine gute Möglichkeit darstellen die Beschwerden eines Patienten zu quantifizieren. Natürlich zeigen sich auch bei der Betrachtung der SF-36 Segmente Korrelationen, hieraus lässt sich ableiten, dass der SF-36 ebenfalls ein geeigneter Score zur Objektivierung der Lebensqualität ist.

Die Korrelationsuntersuchung der Differenzgrößen zeigt neben den erwarteten Korrelationen zwischen den einzelnen radiologischen Parametern auch einen Zusammenhang von 0,252 zwischen der Differenz der mittleren Wirbelhöhe und des SF-36. Dieses Ergebnis ist auf einem Niveau von 0,05 signifikant. Dieser Zusammenhang ist in Abbildung 21 dargestellt.

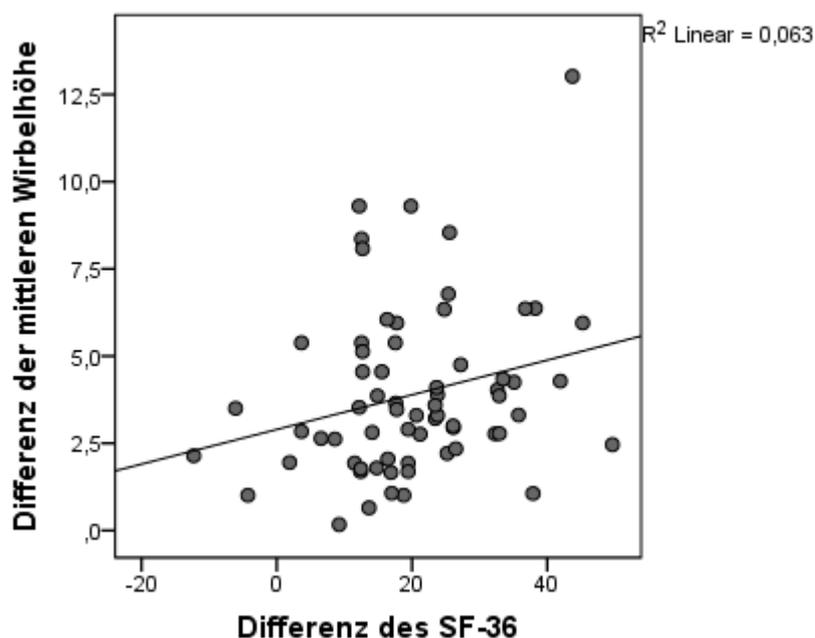


Abbildung 21 - Korrelation zwischen der Differenz der mittleren Wirbelhöhe und dem Summenwert des SF-36

Die Abbildung zeigt, dass bei einer größeren Differenz der mittleren Wirbelhöhe, was einer größeren Aufrichtung durch die Kyphoplastie entspricht, eine stärker ausgeprägte Differenz des SF-36, was einer stärkeren Steigerung der Lebensqualität entspricht. Aus diesen Ergebnissen lässt sich entnehmen, dass ein Zusammenhang zwischen den radiologischen Parametern und den Parametern zur Quantifizierung der Lebensqualität besteht. Daraus ist zu erkennen, dass die Kyphoplastie das klinische Outcome nach einer osteoporotischen Wirbelkörperfraktur verbessern kann.

## 5 Diskussion

Wirbelkörperfrakturen, die durch eine Osteoporose bedingt sind, stellen eine Hauptursache des Rückenschmerzes beim älteren Menschen dar. Melton et al. publizierte bereits 1993 [24], dass die Prävalenz und Inzidenz einer radiologisch sichtbaren Wirbelfraktur mit dem Lebensalter ansteigt. Dabei steigt die Prävalenz bei weißen Frauen zwischen dem 50. und 59. Lebensjahr von 5 % auf 10% und liegt ab einem Alter von über 80 Jahren sogar bei über 30%. Die Altersstruktur in dieser Studie liegt bei durchschnittlich 71 Jahren. In der Mehrzahl der anderen Studien zu diesem Thema befindet sich das durchschnittliche Alter ebenfalls im höheren Lebensbereich, so auch bei der Vergleichsarbeit von Pflugmacher et al. 2012 [64], dessen Patientengut ein durchschnittliches Alter von 65,2 Jahren mit einer Spannweite von 9 Jahren aufweist. Die aktuelle Studie von Röllinghoff et al. 2013 [65] zeigt sogar noch ein höheres mittleres Alter von 74,5 Jahren. Besonders interessant ist dabei die große Spannweite des Alters der Patienten, die in der Studie eingeschlossen waren. Sie reicht von 51 bis 91 Jahren. Daraus zeigt sich, dass die Kyphoplastie auch im sehr hohen Lebensalter eine geeignete Methode darstellt, eine Wirbelkörperfraktur zu behandeln. In der aktuellen DVO-Leitlinie ist die Prävalenz der Osteoporose mit 14% (24% bei Frauen und 6% bei Männern) angegeben. Mit Hilfe von Hochrechnungen lässt sich abschätzen, dass in Deutschland 6,3 Mio. Osteoporose-Betroffene leben und 885.000 Neuerkrankungen jährlich hinzukommen [66]. Das klinische Erscheinungsbild einer Wirbelkörperfraktur wird nicht immer gleich ersichtlich, es verläuft bei einigen Patienten stumm oder wird nur durch einen temporären Rückenschmerz über der Fraktur bemerkt. Diese Feststellung lässt sich auch aus den Studien von Röllinghoff et al. [47, 65] entnehmen. Er stellt dabei heraus, dass auch ein temporärer Rückenschmerz auf der Höhe des frakturierten Wirbels eine Indikationsstellung ist. Aus seiner Arbeit von 2013 [65] ist ersichtlich, dass die Kyphoplastie durchschnittlich erst nach drei Wochen durchgeführt wurde. Dies lässt auf der einen Seite den Schluss zu, dass Frakturen mit einer geringen Klinik als auch Frakturen nach gescheiterter konservativer Therapie, für eine Kyphoplastie geeignet sind und den Patienten diese Methode der schnellen Schmerzlinderung nicht verwehrt bleiben darf. Wirbelkörperfrakturen verursachen enorme Funktionseinschränkungen und Schmerzen, schränken die Lebensqualität ein und steigern die Mortalität.

Mit der minimalinvasiven Operationstechnik der Kyphoplastie versucht man eine optimale Versorgung einer Osteoporose bedingten Wirbelkörperfraktur durch eine

schnelle und vor allem anhaltende Schmerzlinderung und eine permanente Korrektur der Deformität zu erzielen.

In der vorliegenden Studie sind 57 Patienten mit 66 Wirbelkörperfrakturen eingeschlossen worden, bei denen es sich in allen Fällen um eine osteoporotische Sinterungsfraktur oder um eine akute Fraktur bei vorbestandener Osteoporose handelt, die im Rahmen eines Bagateltraumas entstanden ist. In Studien von Komp et al. 2004 [67] oder Kasperk et al. 2005 [68] konnte bei einer konservativen Therapie nur eine geringe Schmerzreduktion und keine Veränderung der Wirbelsäulenaufrichtung aufgezeigt werden. Deshalb sollte außer bei strikter Ablehnung des Patienten oder bestehenden Kontraindikationen eine operative Versorgung mittels Kyphoplastie zur Wiederherstellung der Lebensqualität des Patienten empfohlen werden. In der Studie von Röllinghoff et al. 2010 [47], wurden die Indikationen und Kontraindikationen für die Kyphoplastie aufgearbeitet. Dabei stellte sich heraus, dass ein permanenter Rückenschmerz auf Frakturhöhe mit einem VAS über fünf die größte Indikation darstellt. Es folgte ein vorübergehender Rückenschmerz auf Frakturhöhe ebenfalls mit einem VAS über fünf und ein unspezifischer Schmerz im Rücken bei der Indikationsstellung. Röllinghoff et al. arbeitete ebenfalls heraus, dass die prophylaktische Behandlung eines osteoporotischen Wirbelkörpers keine Indikationsstellung aufweist. Als absolute Kontraindikation stellte Röllinghoff et al. [47] in seiner Studie eine aktive Infektion, eine Gerinnungsstörung, Zementallergie und eine asymptomatische Fraktur heraus. Als relative Kontraindikationen wurden von ihm ein junges Patientenalter, eine multisegmentale Fraktur und eine Vertebra plana beschrieben.

Die geschlechtsspezifische Zusammensetzung dieser Untersuchung zeigt einen Anteil von knapp 4/5 Frauen eine deutlich erhöhte Prävalenz des weiblichen Geschlechts, dies kann mit einem verstärkten Auftreten der postmenopausalen Osteoporose begründet werden. In der Betrachtung von Kim et al. [69] zeigt sich ebenfalls, dass sich über 70% der Untersuchungsgruppe aus Frauen zusammensetzt. Das Überwiegen der weiblichen Studienteilnehmerinnen kann die Aussagekraft einer Studie reduzieren und das Vergleichen innerhalb von Gruppen erschweren. Gerade bei steigender Inzidenz der Osteoporose bei Männern, sollte man bestrebt sein, eine ausgeglichene Kohortenzusammensetzung zu erreichen, um aussagekräftige Daten auch zum männlichen Geschlecht treffen zu können. Deswegen sollte das Ziel sein, randomisierte Untersuchungen durchzuführen.

In der vorliegenden Untersuchung wurde eine mittlere Liegezeit von acht Tagen ermittelt. Dieses Ergebnis deckt sich mit der Liegedauer in der Studie von Prokop et al. 2012 [70] und lässt auf ein sicheres und ein gut standardisiertes Operationsverfahren schließen.

Es wurde versucht, das klinische Outcome mit der Visuellen Analogskala, dem Short Form 36 und dem Oswestry Score zu qualifizieren und quantifizieren. Der VAS hat durch seine Einfachheit und zügige Durchführung großen Zuspruch im klinischen Alltag. Besonders gern wird er angewandt, um einen Schmerz vor und nach einer Intervention zu quantifizieren. In dieser Studie wurde als Einschlusskriterium festgelegt, dass alle Patienten Schmerzen von mindestens fünf Punkten angaben. Die Studie zur Indikation und Kontraindikation einer Kyphoplastie von Röllinghoff et al. 2010 [47] legt ebenfalls als Einschlusskriterium einen VAS von fünf fest. Damit ist davon auszugehen, dass dies ein geeigneter Wert als Einschlusskriterium für eine klinische Studie und für die Indikationsstellung zur Durchführung einer Kyphoplastie ist. In der Studie von Prokop et al. [70] war das Studiendesign mit einer Studienaufnahme ab mindestens sechs Schmerzpunkten sogar noch strenger gewählt. In der Prokop et al. [70] Studie wurden Patienten mit Frakturen zwischen dem 3. Thorakalwirbel bis zum 5. Lendenwirbel miteinbezogen. Das Patientengut in der vorliegenden Studie erfasst Frakturen vom 10. Thorakalwirbel bis zum 5. Lendenwirbel. Es kann davon ausgegangen werden, dass die Mehrheit der betroffenen Wirbel im Bereich des thorakolumbalen Überganges zu finden waren. Fonseca et al. arbeitete in seiner Untersuchung zum Knochenzement bei Kyphoplastien mit einem Wirbelkörperbereich von sogar thorakal 9 bis LWK 5. Auch in dieser Beobachtung zeigte sich ein Schwerpunkt von 60% im thorakolumbalen Übergang. In der Arbeit von Prokop et al. [70] zeigte sich eine multisegmentale Anwendung der Kyphoplastie. Die zweisegmentalen Eingriffe wurden bei Prokop verhältnisanteilig mehr durchgeführt, als in der vorliegenden Studie. Ebenso wurden bis zu vier Wirbel in einem Eingriff aufgerichtet. Dieses differenzierte Verhältnis der multisegmentalen Durchführungen lässt sich am ehestens mit der höheren Fallzahl bei Prokop et al. [70] begründen.

Die Optimierung der Schmerzsymptomatik, die mit Hilfe der VAS erfasst wurde, zeigt eine Verbesserung um 6,8 Einheiten der nachuntersuchten Fälle und weist damit vergleichbare Ergebnisse mit anderen Untersuchungen auf [71, 72]. Die VAS Werte decken sich annähernd mit denen der Prokop et al. - Studie [70], die präoperativ im Mittel einen Wert von 8 und postoperativ 2,4 aufzeigten. Mit der visuellen Analogskala

---

konnte schon 2008 bei Schofer et al. [73] und seinem Patientengut mit einem durchschnittlichem Alter von 72 Jahren eine ähnliche Größenordnung registriert werden (präoperativ 8,2; postoperativ 2,7). Eine Schmerzreduktion durch eine Kyphoplastie ermöglicht eine verbesserte Mobilität und damit ein Wiedererlangen von Lebensqualität für den Patienten. Eine aktuelle Metaanalyse von Papanastassiou et al. [74], die sechs Studien verglichen hat und sich mit den Ergebnissen der Kyphoplastie und der konservativen Therapie beschäftigte, zeigte ebenfalls, dass eine Kyphoplastie signifikant bessere Ergebnisse liefert als eine konservative Therapie.

Für eine weitere Einschätzung der Einschränkung des Patienten wurde der SF-36 genutzt. Er ermöglicht eine standardisierte Durchführung und leicht reproduzierbare und vergleichbare Ergebnisse, deshalb findet der SF-36 in zahlreichen klinischen Untersuchungen Verwendung. In der vorliegenden Studie wurde eine Verbesserung um 50,2% durch die Kyphoplastie festgestellt. Bei differenzierter Beleuchtung der Einzelwerte fällt auf, dass bei dem mentalen Anteil eine Verbesserung von 35,1% und beim körperlichen Anteil sogar eine Optimierung von 71,4% erzielt wurde. Die Metaanalyse von Papanastassiou et al. [74] zeigt ebenfalls eine signifikante Verbesserung im Vergleich zu einer nicht chirurgischen Therapie. Dabei muss erwähnt werden, dass aufgezeigt wurde, dass in randomisierten Untersuchungen dieser Effekt milder zum Ausdruck kommt. Dieses Ergebnis könnte am ehesten die unterschiedlichen Einschlusskriterien der Patienten widerspiegeln.

Die letzte Größe, die die Lebensqualität beschreibt und in dieser Studie erhoben wurde, ist der Oswestry Score. Dieses häufig gewählte Instrument ermöglicht wie bereits der SF-36 eine Prüfung, die nur eine minimale subjektive Variabilität zulässt. Der Index zeigt präoperativ Beeinträchtigungen im Sinne einer Bettlägerigkeit von 81,2%, nach der Behandlung von 26,2%, was einer minimalen Behinderung und somit einer Reduktion der Behinderung um 55% entspricht. Ähnliche signifikante Ergebnisse wurden in der Metaanalyse von Papanastassiou et al. [74] gefunden. Die prospektive Studie von Röllinghoff et al. [75] ist ebenfalls eine signifikante Verbesserung der Lebensqualität durch den Oswestry Score herausgestellt worden. Der Oswestry Score ermöglicht somit eine gute Einschätzung des Ausmaßes der Behinderung des Patienten, deshalb findet der Score in zahlreichen Studien Anwendung. In der Studie von Bae et al. [76] wurden wie in der vorliegenden Studie die Visuelle Analogskala, der SF-36 (SF-12) und der Oswestry Score erhoben. Daraus lässt sich schließen, dass eine breite Datensammlung eine noch bessere Vorhersage über das klinische

Outcome zulässt. Mit Hilfe dieser drei Befragungsinstrumente können Erkenntnisse über den Schmerz, den Grad der Behinderung und ein Eindruck über die Lebensqualität gewonnen werden.

Der mittlere präoperative Kyphosewinkel von  $10,2^\circ$  lässt sich postoperativ auf  $6,3^\circ$  reduzieren und zeigt so eine Dekyphosierung durch die Operation um  $3,9^\circ$ . In der Untersuchung von Schofer et al. [73] konnte eine Dekyphosierung von  $12^\circ$  auf postoperativ  $7^\circ$  und damit eine dezent stärkere Aufrichtung um  $5^\circ$  registriert werden. Andere ähnliche Studien weisen ebenfalls eine Aufrichtung um  $5,7^\circ$  auf [72]. In der vergleichenden Studie von Pflugmacher et al. 2012 [64] wurde ebenfalls eine Reduktion des Kyphosewinkels hier um  $3,9^\circ$  aufgezeigt, dies wurde jedoch von der Radiofrequenz-Kyphoplastie mit  $4,4^\circ$  übertroffen. Dieses Ergebnis sollte anspornen, das Kyphoplastieverfahren weiter zu optimieren. In der Studie von Pflugmacher et al. [64] finden auch die Wirbelkörperhöhen Betrachtung. Die mittlere Wirbelkörperhöhe weist wie in der vorliegenden Studie eine Aufrichtung von im Mittel 3,1mm auf. Hier findet sich, anders als bei dem Kyphosewinkel, kein Unterschied zu der Radiofrequenz-Kyphoplastie.

In der Vergleichsstudie von Pflugmacher et al. [64] wurde zur Quantifizierung des Therapieerfolges ebenfalls die Betrachtung der Wirbelhöhen herangezogen. Er konnte dabei zeigen, dass sowohl die anteriore als auch die mittlere Wirbelhöhe um 3,1mm aufgerichtet wurden. Die vorliegende Studie kommt zu sehr ähnlichen Ergebnissen der Wirbelaufrichtung. Bei der anterioren Wirbelhöhe konnte eine Aufrichtung um ebenfalls 3,1mm und bei der mittleren Wirbelhöhe um 3,9mm dokumentiert werden. Pflugmacher et al. [64] stellte bei seiner vergleichenden Untersuchung eine fast annähernde Aufrichtung auch bei der Radiofrequenz-Kyphoplastie fest. Die Aufrichtung der Wirbelkörper lässt sich durch die Reposition auf dem Operationstisch und durch die zähflüssige Zementmasse erreichen [65]. Man geht davon aus, dass durch das Verfahren der Radiofrequenz-Kyphoplastie die trabekulären Knochenstrukturen nicht in dem Maße zerstört werden, wie es bei der Ballon-Kyphoplastie passiert und dadurch eine engere Verzahnung von Knochenzement und Knochen trabekeln stattfinden kann.

Bei der Korrelationsbetrachtung zeigt sich ein schwacher Zusammenhang zwischen der Wirbelaufrichtung und der Lebensqualität mit einem Signifikanzlevel von 0,05. In der vorliegenden Studie zeigt sich dieser Zusammenhang in dem präoperativen Cobb-Winkel und dem postoperativen mentalem Anteil des SF-36. Dabei ist davon auszugehen, dass ein größerer präoperativer Cobb-Winkel ein besseres

postoperatives mentales SF-36 Ergebnis nach sich zieht. Da ein größerer Cobb-Winkel für ein Vorliegen einer stärkeren Frakturausbildung spricht, zeigt der lineare Zusammenhang mit dem mentalen Anteil des SF-36 ein verbessertes klinisches Outcome für den Patienten nach einer Kyphoplastie. Die Studie kann die weitere Korrelation eines radiologischen Parameters mit einem Parameter der Lebensqualität aufzeigen. Es zeigt sich ein schwacher Zusammenhang bei der postoperativen Betrachtung des Kyphosewinkels und dem Oswestry Score Index, der vermuten lässt, dass postoperativ beim Vorliegen eines größeren verbliebenen Kyphosewinkels noch ein höherer Oswestry Score korreliert, was einer größeren Einschränkung der Lebensqualität entspricht. Daraus zeigt sich umgekehrt, dass eine Aufrichtung des Wirbelkörpers an seine physiologische Höhe eine geringere Einschränkung der Lebensqualität nach sich zieht.

Bei der Analyse der Korrelation der Differenzwerte der mittleren Wirbelhöhe und dem Summenwert des SF-36 zeigt sich ein weiterer Zusammenhang. Dieser Korrelation lässt sich entnehmen, dass bei einer größeren Differenz der mittleren Wirbelhöhe, was einer größeren Aufrichtung durch die Kyphoplastie entspricht, eine stärker ausgeprägte Differenz des SF-36, was einer stärkeren Steigerung der Lebensqualität gleich kommt. Mit diesem Ergebnis zeigt sich das verbesserte klinische Outcome nach einer Kyphoplastie bei einer osteoporotischen Wirbelkörperfraktur. Die 2011 veröffentlichte Studie von Druschel et al. [77] fand neben weiteren veröffentlichten Studien Ergebnisse mit signifikanter Verbesserung des VAS und radiologischen Parametern ebenfalls einen Zusammenhang zwischen der Wirbelaufrichtung und der Lebensqualität. Die Studie zeigte eine signifikante Korrelation zwischen Wirbelkörperaufrichtung und Beweglichkeitszunahme. Damit unterstrich Druschel et al. [77] den Effekt der Kyphoplastie als stabilisierendes schmerzreduzierendes Verfahren, welches zu einer schnellen Mobilisation des Patienten nach einer Wirbelkörperfraktur beiträgt. Im Jahr 2009 wurden zwei placebokontrollierte Studien [78, 79] veröffentlicht. Darin wurden die Vertebroplastie mit einem Placeboeingriff verglichen. Beide Arbeiten, zeigten keinen signifikanten Unterschied zwischen den angewandten Verfahren. In der aktuellen Studie von Röllinghoff et al. 2013 [65] konnte ebenfalls keine Korrelation zwischen der Wirbelkörperaufrichtung und dem klinischem Ergebnis gezeigt werden. In der Studie von Pflugmacher et al. 2012 [64], die als einzige veröffentlichte Vergleichsstudie von Kyphoplastie und Radiofrequenz-Kyphoplastie publiziert wurde, zeigte sich ebenfalls kein Unterschied in der Schmerzlinderung sowie bei der Wirbelkörperaufrichtung, jedoch erzielte die Radiofrequenz-Kyphoplastie weniger

---

Zementaustritte (Radiofrequenz-KP 6,1% vs. Ballon-KP 27,8%). Eine neuere Studie aus dem Jahr 2012 von Kim et al. [69] griff diese Untersuchung auf und stellte eine Überlegenheit der Kyphoplastie gegenüber einer konservativen Therapie, bezogen auf die Schmerzen und daraus resultierende Mobilisation im ersten Monat nach der Intervention, dar. Aus diesem Ergebnis lässt sich die Überlegung ableiten, dass gerade bei einer akuten osteoporotischen Fraktur und persistierenden Schmerzen eine konservative Therapie vorzuziehen ist. Es zeigt sich, dass eine Wirbelkörperfraktur die nicht behandelt in der zusammengebrochenen Position befindet das Risiko für eine weitere Fraktur erhöht; bei einem konsolidierten Wirbel 3,2-fach und bei zwei Wirbeln bereits 9,8-fach. Damit ist die Kyphoplastie bei der Behandlung einer akuten Wirbelkörperfraktur nicht mehr wegzudenken und es lässt sich die Hypothese aufstellen, dass eine Kyphoplastie die Inzidenz von weiteren osteoporotischen Wirbelkörperfrakturen bei dem einzelnen Patienten senkt.

Eine befürchtete Komplikation bei der Kyphoplastie ist eine Zementleckage, die in der vorliegenden Studie bei 9,1% (6 von 66) der Fälle zu verzeichnen war. Bei Prokop et al. [70] wird ein symptomloser Zementaustritt bei 16% der Fälle verzeichnet und 14% der Fälle weisen eine Anschlussfraktur auf. Aus weiteren Literaturdaten waren Zahlen von 6,23-14,7% [80] und 4,3-39% [81] für osteoporotische Frakturen zu finden. So wie z.B. Syed et al. 2005 [82], der keinen Zusammenhang einer Zementleckage und einer nachfolgenden Anschlussfraktur zeigen konnte, weist auch diese Untersuchung keine Korrelation von Leckage und Anschlussfraktur auf. Im Gegensatz dazu steht die Arbeit von Lin et al. 2004 [83], die von einer Risikoerhöhung einer Anschlussfraktur bei einem Extrudat im Bandscheibenraum berichtet. Anschlussfrakturen sind in der Literatur weiterhin ein Diskussionsgegenstand. In der Metaanalyse von Hulme et al. 2006 [84] wurden 69 klinische Studien zusammengefasst. Das Ergebnis war, dass sowohl für die Vertebroplastie als auch die Kyphoplastie ein erhöhtes Risiko für eine Anschlussfraktur besteht. Dies stand im Vergleich mit den Osteoporosepatienten, welche ebenfalls eine Wirbelkörperfraktur verzeichnen. Auch diese groß angelegte Metastudie konnte keinen Unterschied der Anschlussfrakturhäufigkeit zwischen der Vertebroplastie und der Kyphoplastie aufzeigen. Lediglich konnte ein erhöhtes Risiko bei vollständiger Zementfüllung dargestellt werden. Diese Schlussfolgerung lässt auch die Studie über das verwendete Zementvolumen von Röllinghoff et al. 2013 [65] erkennen, die bei einer geringeren Menge Zement (3ml) eine schnelle und kurzfristige Besserung der

Schmerzsymptomatik und bei den 35 Patienten nur zwei Anschlussfrakturen verzeichnete. Aus dieser Diskussion wird ersichtlich, dass die Frage, ob Zementaustritt ein erhöhtes Risiko für eine Anschlussfraktur nach sich zieht, noch nicht endgültig geklärt ist und damit weiterer Bedarf an Studien besteht, die sich mit Komplikationen beschäftigen.

Bei der Kyphoplastie sind einige Komplikationen durch einen operativen Eingriff korrigierbar. Daher ist das Vermeiden von solchen Komplikationen durch Nutzung von niedrigviskösem Zement eine wichtige Komponente bei der risikoarmen Durchführung. Mögliche Komplikationen wie ein Zementaustritt in den Spinalkanal, in die Neuroforamina, in die Bandscheiben oder den prävertebralen Raum konnten in experimentellen Untersuchungen sowie in der klinischen Anwendung gezeigt werden. Die Kyphoplastie ist ein effizientes Verfahren zur Behandlung einer Wirbelkörperfraktur, trotzdem muss an der Weiterentwicklung gearbeitet werden. Ein erster Schritt zur Reduktion der Zementaustritte ist die Radiofrequenz-Kyphoplastie. Dabei wird ein veränderter Knochenzement auf PMMA-Basis genutzt. Er ist dadurch gekennzeichnet, dass er auch über eine längere Verarbeitungszeit von über 30min eine konstante Viskosität ausweist. Der Zement wird dazu unmittelbar vor der Applikation noch ex vivo mittels Radiofrequenzenergie in ein Material mit ultrahoher Viskosität umgewandelt. Damit kann eine gezieltere und vor allem kontrolliertere Applikation in den Wirbelkörper erfolgen. In Deutschland wurde 2009 die Radiofrequenz-Kyphoplastie zur Behandlung von schmerzhaften Wirbelkörperfrakturen zugelassen. Die Radiofrequenz-Kyphoplastie entwickelte sich, da man feststellte, dass sich der Zement nur gering mit dem Knochen verzahnt und die vorhandene Spongiosastruktur zerstört. Durch die ultrahohe Viskosität des Zementes ist ein kontrollierteres Applizieren möglich und zerstört weniger vorhandene Spongiosa. In der Studie von Pflugmacher et al. [64], der die Radiofrequenz-Kyphoplastie mit der Ballon-Kyphoplastie verglichen hat, zeigt sich ein signifikanter Unterschied bei den Zementextrusionen. Die Untersuchung hat herausgestellt, dass bei der Ballon-Kyphoplastie 27,2% und bei der Radiofrequenz-Kyphoplastie lediglich 6,1% Extrusionen auftraten. Pflugmacher et al. [64] konnte jedoch keinen signifikanten Unterschied bei den radiologischen Messwerten feststellen. Die aktuelle Studie von Röllinghoff et al. aus dem Jahr 2013 [65], die sich auch mit dem Thema der Radiofrequenz-Kyphoplastie beschäftigt hat, stellte ebenfalls fest, dass die

Radiofrequenz-Kyphoplastie ein komplikationsarmes Verfahren ist, konnte aber leider keinen signifikanten Zusammenhang zwischen der erzielten radiologischen Aufrichtung und der Verbesserung der Lebensqualität aufzeigen. Die Radiofrequenz-Kyphoplastie stellt damit einen weiteren Fortschritt in der komplikationsärmeren Behandlung von Wirbelkörperfrakturen dar. Eine genauere Feststellung der Extravasatrate ist durch ein postoperatives CT möglich, dies ist jedoch wegen der hohen Strahlenbelastung und einer fehlenden Fragestellung für den Patienten nicht durchgeführt worden.

Die Aussagekraft der vorliegenden Studie wird durch zwei wichtige Studieneigenschaften gemildert. Die vorliegende Studie ist eine retrospektive Untersuchung. Die damit verbundene Schwäche ist, dass sich der Patient erinnern muss und bereits existierende Unterlagen genutzt werden. Es ist dadurch schwer zu klären, was als ursächliches Ereignis angesehen werden kann. Patienten vergessen dabei leicht Informationen, die sie selbst nicht in die Kausalitätskette einbeziehen oder erinnern sich nicht gut, was als Recall Bias bezeichnet wird. Die Gefahr an bereits existierenden Unterlagen ist, dass bestimmte Daten nicht erhoben wurden oder nicht zuverlässig sind, weil zum Untersuchungszeitpunkt eine mögliche spätere Bedeutung nicht beachtet wurde. In der Studie wird dies ersichtlich durch das große Nachuntersuchungsintervall. Der Nachuntersuchungszeitraum liegt bei 14 bis 48 Monaten, dies ist durch einen festen Behandlungszeitraum vom 1. Januar 2008 bis 31. Dezember 2010 und einen fest gewählten Nachuntersuchungszeitpunkt begründet. Eine Zeitspanne von 34 Monaten bedingt ein unterschiedlich hohes Erinnerungsmögen für die Wiedergabe der erfragten Befindlichkeiten. Außerdem ist zu beachten, dass sich die Studie mit einem älteren Patientengut beschäftigt, das einen gewissen Anteil von Komorbidität aufweist. Bei dem vorliegenden Patientengut kann keine eindeutige Korrelation zwischen der Wirbelaufrichtung und der Reduktion der Schmerzintensität festgestellt werden. Dies könnte an der relativ niedrigen Fallzahl liegen. Möglicherweise hätte ein größeres Patientengut eine stärkere Korrelation aufzeigen können. Die Daten wurden retrospektiv ermittelt und sind als limitierte Daten anzusehen und können für erweiterte Studien eine Hilfestellung geben. In der vorliegenden Studie ist keine interne Validierung der Daten durchgeführt wurden. Die Messungen sind durch einen einzelnen Untersucher durchgeführt wurden, daraus resultiert, dass ein observer bias nicht ausgeschlossen werden kann.

Nach Betrachtung der guten klinischen Ergebnisse mit nur einer geringen Komplikationsrate und einer sofortigen Schmerzreduktion und der daraus

resultierenden geringeren Zahl an nachfolgenden Arztbesuchen [68] und einer signifikant höheren Überlebensrate im 4-Jahres-Verlauf empfiehlt sich eine frühe Therapie mit der Kyphoplastie, um Schmerzen zu vermeiden und eine Kyphose zu verhindern [85].

Die Indikation zur Kyphoplastie hat sich in den letzten Jahren auf hochthorakale, zervikale Wirbelbrüche und Sakruminsuffizienzfrakturen erweitert [86]. Zum weiteren Einsatz kommt die Methode auch bei Tibiakopffrakturen. In einzelnen klinischen Studien gibt es bereits vielversprechende Ergebnisse. Das erweiterte Einsatzspektrum erhöht jedoch auch das Risiko an Paravasaten und den daraus resultierenden relevanten neurologischen Komplikationen. Deshalb sollten weitere klinische Untersuchungen folgen um das bestmögliche Outcome für die Patienten zu erreichen.

Die osteoporotische Wirbelfraktur liefert das höchste quantitative erneute Frakturrisiko. Dieses Ergebnis hat unter anderem die Studie von Johnell et al. 2001 [87] deutlich gemacht. Sie zeigte, dass das Risiko für eine Folgefraktur in den ersten 3 bis 6 Monaten nach einer Wirbelkörperfraktur nahezu fast doppelt so hoch ist wie nach einem Jahr. Diese Zahlen lassen den Schluss zu, dass eine möglichst zeitnahe Kyphoplastie eine erneute Wirbelkörperfraktur verhindern könnte.

Neben einer stetigen Weiterentwicklung des Therapieverfahrens sollte versucht werden, die manifeste Osteoporoseinzidenz zu senken. Dies verlangt neben der Feststellung der aktuellen klinisch relevanten Fraktur auch eine Identifikation vorbestehender älterer klinisch stumm verlaufender Frakturen. Mit Hilfe dieser Informationen kann eine Indikationsstellung für eine medikamentöse Osteoporosetherapie gestellt werden. Der Traumatologe erhält durch die Diagnosestellung einer Fraktur die Verantwortung, bei einer Wirbelfraktur mit Höhenminderung von  $> 25\%$  eine Osteoporosediagnostik anzuregen, weitere klinisch nicht in Erscheinung getretene Frakturen zu identifizieren und bei Frauen über 50 Jahren und Männern über 60 Jahren weitere Risikofaktoren zu erfragen. Dieses Vorgehen ist ebenso wichtig wie eine korrekte Nachbehandlung der Fraktur. Deshalb sollte bereits nach der operativen Versorgung der Fraktur mit einer Osteoporosetherapie begonnen werden. Der letzte Osteologie-Kongress 2013 in Weimar kam ebenfalls zu dem Schluss, dass bei der Behandlung einer osteoporotischen Wirbelkörperfraktur einen interdisziplinären Therapieversuch in Zusammenarbeit von Osteopathen, Orthopäden und Schmerztherapeuten anzustreben ist, um das beste klinische Outcome für den Patienten zu erreichen.

## 6 Zusammenfassung

Die vorliegende retrospektive Studie hat das klinische Outcome nach einer Kyphoplastie anhand der Schmerzreduktion, Lebensqualität und bestimmter Wirbelkörperparameter untersucht.

Dabei wurden für die Messwerte der Wirbelkörper drei verschiedene radiologische Parameter analysiert mit den Ergebnissen der prozentualen Reduktion des Kyphosewinkels postoperativ um 38,2% und des Cobb-Winkels um 21,0% sowie der prozentuale Aufrichtung der Wirbelkörperhöhe, wobei die Vorderkante eine Verbesserung von 14,3%, die mittlere Höhe von 18,1% und die Hinterkantenhöhe von 5,5% aufweist.

Nach der Analyse der Parameter, welche die Lebensqualität beschreiben, zeigte sich eine Reduktion der Schmerzen laut Visuellen Analogskala um 6,8 Einheiten und eine prozentuale Verbesserung des mentalen Anteils des SF-36 um 35%. Der im körperlichen Anteil verbessert sich sogar um 71,4%. In der Betrachtung des Summenwertes entspricht das einer Verbesserung von 50,2% und einer prozentualen Verbesserung des Maßes der Behinderung, der mit dem Oswestry Score beschrieben, wird von 55%.

Es stellte sich heraus, dass die Veränderungen der radiologischen Messwerte und der Parameter des klinischen Outcome eine deutliche Relevanz aufweisen ( $p < 0,001$ ).

Radiologisch konnte bestätigt werden, dass in drei betrachteten Wirbelhöhen eine Aufrichtung erfolgte. Dies machte sich auch in der Winkelmessung bemerkbar. Die Kyphoplastie stellt also eine geeignete Therapiemethode für die Dekyphosierung der Wirbelsäule dar und kann damit zur Reduzierung daraus resultierender Folgekomplikationen beitragen.

Betrachtet man dazu die Reduktion der Schmerzen laut Visueller Analogskala, bekommt man eine Vorstellung von der Symptomlinderung. Bei einem Maximum von 10 verdeutlicht eine Reduktion um 6,8 Einheiten, wie in dieser Studie festgestellt, die enorme Besserung der Schmerzsymptomatik. Dies zeigt, dass die Kyphoplastie ein nicht mehr wegzudenkendes Instrument bei der Behandlung von besonders schmerzhaften Wirbelkörperfrakturen ist.

Durch die klinische Nachuntersuchung konnte gezeigt werden, dass bei Betrachtung der Schmerzen nach der Visuellen Analogskala eine dauerhafte Schmerzreduktion

vorliegt. Dieses Ergebnis spricht für das gute klinische Outcome, das durch eine Kyphoplastie erreicht wird. Die schnellstmögliche Indikationsstellung und bei fehlender Kontraindikation die Durchführung einer Kyphoplastie sollte deshalb das Ziel im Klinikalltag werden. Dazu sollte die notwendige Überarbeitung der aktuellen Leitlinien angestrebt werden.

Nach Betrachtung der analysierten Daten und vergleichend mit anderen Studien zum Thema der Kyphoplastie ist von einer Effektivität dieser Methode auszugehen. Die Analyse der radiologischen als auch klinischen Daten zeigt eine signifikante Verbesserung sowohl der Wirbelaufrichtung als auch der Schmerzreduktion. Des Weiteren hat sich herausgestellt, dass der radiologische Wert mit der klinischen Datenanalyse signifikant korreliert.

Für die aufgrund der immer älter werdenden Gesellschaft steigende Inzidenz der Osteoporose stellt die Kyphoplastie eine geeignete Therapiemöglichkeit für Wirbelkörperfrakturen dar. Betrachtet man die sich erweiternden Indikationsstellungen des Verfahrens, lässt sich die Relevanz der Kyphoplastie abschätzen. Sie ist nicht mehr aus der Chirurgie wegzudenken. Dieser Sachverhalt fordert auf, weitere klinische Studien durchzuführen um die Methode weiterzuentwickeln und Langzeitaussagen treffen zu können.

---

## Literaturverzeichnis

1. Denis F (1983) The three column spine and its significance in the classification of acute thoracolumbar spinal injuries. *Spine* 8(8): 817–831
2. Rodin A, Murby B, Smith MA, Caleffi M, Fentiman I, Chapman MG, Fogelman I (1990) Premenopausal bone loss in the lumbar spine and neck of femur: a study of 225 Caucasian women. *Bone* 11(1): 1–5
3. Kröger H, Kotaniemi A, Kröger L, Alhava E (1993) Development of bone mass and bone density of the spine and femoral neck. a prospective study of 65 children and adolescents. *Bone Miner* 23(3): 171–182
4. Matkovic V, Jelic T, Wardlaw GM, Ilich JZ, Goel PK, Wright JK, Andon MB, Smith KT, Heaney RP (1994) Timing of peak bone mass in Caucasian females and its implication for the prevention of osteoporosis. Inference from a cross-sectional model. *J Clin Invest* 93(2): 799–808
5. Ringe JD (1991) Pathogenese, Diagnostik und Therapiemöglichkeiten. In: Ringe JD (Hrsg) Osteoporose. Pathogenese, Diagnostik und Therapiemöglichkeiten. Walter de Gruyter, Berlin, New York, S 157–216
6. Willburger RE, Knorth H (2003) Osteoporose der Wirbelsäule: Therapieoption und Präventionsstrategien. *Dtsch Arztebl* 100(17): 1120–1131
7. Mazess RB (1990) Bone densitometry of the axial skeleton. *Orthop Clin North Am* 21(1): 51–63
8. Berlemann U, Heini PF (2002) Perkutane Zementierungstechniken zur Behandlung osteoporotischer Wirbelkörpersinterungen. *Unfallchirurg* 105(1): 2–8
9. Silverman S (1992) The clinical consequences of vertebral compression fracture. *Bone* 13(Supplement 2): 27–31
10. Riggs BL, Melton LJ (1995) The worldwide problem of osteoporosis: Insights afforded by epidemiology. *Bone* 17(5): 505–511
11. Burton AW, Rhines LD, Mendel E (2005) Vertebroplasty and kyphoplasty: a comprehensive review. *Neurosurg Focus* 18(3): 1–9
12. Lynn SG, Sinaki M, Westerlind KC (1997) Balance characteristics of persons with osteoporosis. *Arch Phys Med Rehabil* 78(3): 273–277
13. Skelton DA (2001) Effects of physical activity on postural stability. *Age Ageing* 30(Suppl 4): 33–39

14. Kado DM, Browner WS, Palermo L, Nevitt MC, Genant HK, Cummings SR (1999) Vertebral Fractures and Mortality in Older Women. *Arch Intern Med* 159(11): 1215–1220
15. Leech JA, Dulberg C, Kellie S, Pattee L, Gay J (1990) Relationship of lung function to severity of osteoporosis in women. *Am Rev Respir Dis* 141(1): 68–71
16. Mathis C, Petri M, Naff N (1998) Percutaneous vertebroplasty treatment of steroid-induced osteoporotic compression fractures. *Arthritis Rheum* 41(1): 171–175
17. Oleksik A, Lips P, Dawson A, Minshall ME, Shen W, Cooper C, Kanis J (2000) Health-related quality of life in postmenopausal women with low BMD with or without prevalent vertebral fractures. *J Bone Miner Res* 15(7): 1384–1392
18. Silverman SL, Minshall ME, Shen W, Harper KD, Xie S (2001) The relationship of health-related quality of life to prevalent and incident vertebral fractures in postmenopausal women with osteoporosis: results from the Multiple Outcomes of Raloxifene Evaluation Study. *Arthritis Rheum* 44(11): 2611–2619
19. Goldt DT (2001) The nonskeletal consequences of osteoporotic vertebral fractures. Psychologic and social outcomes. *Rheum Dis Clinics North Amer* 27(1): 255–262
20. Browner WS, Seeley DG, Vogt TM, Cummings S (1991) Non-trauma mortality in elderly women with low bone mineral density. *Lancet* 338(8763): 355–358
21. Cooper C, Atkinson EJ, Jacobsen SJ, O'Fallon WM, Melton LJ (1993) Population-based study of survival after osteoporotic fractures. *Am J Epidemiol* 137(9): 1001–1005
22. Cortet B, Cotten A, Boutry N, Flipo RM, Duquesnoy B, Chastanet P, Delcambre B (1999) Percutaneous vertebroplasty in the treatment of osteoporotic vertebral compression fractures: an open prospective study. *J Rheumatol* 26(10): 2222–2228
23. Becker S, Chavanne A, Meissner J, Bretschneider W, Ogon M (2004) Die minimalinvasive chirurgische Versorgung osteoporotischer Wirbelfrakturen mit Vertebroplastie und Kyphoplastie. *J Miner Stoffwechs* 11(Sonderheft 1): 4–7
24. Melton LJ, Lane AW, Cooper C, Eastell R, O'Fallon WM, Riggs BL (1993) Prevalence and incidence of vertebral deformities. *Osteoporosis Int* 3(3): 113–119
25. Melton LJ, Kan SH, Frye MA, Wahner HW, O'Fallon WM, Riggs BL (1989) Epidemiology of vertebral fractures in women. *Am J Epidemiol* 129(5): 1000–1011
26. Klotzbuecher CM, Ross PD, Landsman PB, Abbott TA, Berger M (2000) Patients with prior fractures have an increased risk of future fractures: a summary of the literature and statistical synthesis. *J Bone Miner Res* 15(4): 721–739

- 
27. van Staa T, Dennison E, Leufkens H, Cooper C (2001) Epidemiology of fractures in England and Wales. *Bone* 29(6): 517–522
  28. Kanis JA, Pitt FA (1992) Epidemiology of osteoporosis. *Bone* 13(Supplement 1): 7–15
  29. Lee YL, Yip KM (1996) The osteoporotic spine. *Clin Orthop Relat Res*(323): 91–97
  30. Da Fonseca K, Grafe I, Hillmeier J, Kasperk C, Libicher M, Meeder GJ, Noeldge G (2004) Kyphoplastie mit "Biozement". *J Miner Stoffwechs* 11(Sonderheft 1): 16–19
  31. Hillmeier J, Grafe I, Da Fonseca K, Meeder PJ, Nöldge G, Libicher M, Kock HJ, Haag M, Kasperk C (2004) Die Wertigkeit der Ballonkyphoplastie bei der osteoporotischen Wirbelkörperfraktur. Ein interdisziplinäres Konzept (The evaluation of balloonkyphoplasty for osteoporotic vertebral fractures. An interdisciplinary concept). *Orthopäde* 33(8): 893–904
  32. Magerl F, Aebi M, Gertzbein SD, Harms J, Nazarian S (1994) A comprehensive classification of thoracic and lumbar injuries. *Eur Spine J* 3(4): 184–201
  33. Boszczyk B (2006) Zur Klassifizierung der osteoporotischen Wirbelfraktur. In: Becker S, Ogon M (Hrsg.) (Hrsg) Ballonkyphoplastie. Springer-Verlag, Vienna, S 48–49
  34. Rieger M, Mallouhi A, El-Attal R, Kathrein A, Knop C, Blauth M, Jaschke W (2006) Akutdiagnostik des Wirbelsäulentraumas (Acute diagnosis of spinal trauma). *Radiologe* 46(6): 527–541
  35. Dachverband Osteologie (2009) DVO-Leitlinie 2009 zur Prophylaxe, Diagnostik und Therapie der Osteoporose bei Erwachsenen. *Osteologie* 18: 304–328
  36. Resch H M (2006) Medikamentöse Therapie der Osteoporose. In: Becker S, Ogon M (Hrsg.) (Hrsg) Ballonkyphoplastie. Springer-Verlag, Vienna, S 5–13
  37. Bascoulergue Y, Duquesnel J, Leclercq R (1988) Percutaneous injection of methyl methacrylate in the vertebral body for the treatment of various diseases: percutaneous vertebroplasty. *Radiology* 169: 372–374
  38. Kaemmerlen P, Thiesse P, Jonas P, Berard CL, Bascoulergue Y, Duquesnel J, Lapras J (1989) Percutaneous injection of orthopedic cement in metastatic vertebral lesions. *N Engl J Med* 321(2): 120–122
  39. Kohler R, Mazoyer JF, Besse JL, Bascoulergue Y (1990) Treatment of osteoid osteoma with percutaneous resection under computerized tomography control. Apropos of 5 cases. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot* 76(4): 284–287

- 
40. Heini PF, Wälchli B, Berlemann U (2000) Percutaneous transpedicular vertebroplasty with PMMA: operative technique and early results. *Euro Spine J* 9(5): 445–450
  41. Birkenmaier C (2008) Wirbelsäule-Wann ist die Kyphoplastie sinnvoll? (The spine--when is kyphoplasty indicated?). *Z Orthop Unfall* 146(4): 421–424
  42. Liebermann IH, Dudeney S, Reinhardt MK, Bell GR (2001) Initial outcome and efficacy of kyphoplasty in the treatment of painful osteoporotic vertebral compression fractures. *Spine* 26(14): 1631–1638
  43. Philips FM, Wetzel FT, Liebermann I, Campell-Hupp M (2002) An in vivo comparison of the potential for extravertebral cement leak after vertebroplasty and kyphoplasty. *Spine* 27(19): 2171–2179
  44. Belkoff SM, Mathis JM, Fenton DC, Scribner RM, Reiley ME, Talmadge K (2001) An ex vivo biomechanical evaluation of an inflatable bone tamp used in the treatment of compression fracture. *Spine* 26(2): 151–156
  45. Garfin SR, Yuan H, Reiley MA (2001) New technologies in spine: kyphoplasty and vertebroplasty for the treatment of painful osteoporotic compression fractures. *Spine* 26(14): 1511–1515
  46. Becker S (2006) Technik der Kyphoplastie. In: Becker S, Ogon M (Hrsg.) (Hrsg) *Ballonkyphoplastie*. Springer-Verlag, Vienna, S 51–68
  47. Röllinghoff M, Zarghooni K, Schlüter-Brust K, Sobottke R, Schlegel U, Eysel P, Delank K (2010) Indications and contraindications for vertebroplasty and kyphoplasty. *Arch Orthop Trauma Surg* 130(6): 765–774
  48. Gangi A, Sabharwal T, Irani FG, Buy X, Morales JP, Adam A (2006) Quality assurance guidelines for percutaneous vertebroplasty. *Cardiovasc Intervent Radiol* 29(2): 173–178
  49. Pflugmacher R, Schroeder R, Klostermann CK (2006) Incidence of adjacent vertebral fractures in patients treated with balloon kyphoplasty: two years' prospective follow-up. *Acta Radiol* 47(8): 830–840
  50. Jang JS, Lee SH, Jung SK (2002) Pulmonary Embolism of Polymethylmethacrylate After Percutaneous Vertebroplasty: A Report of Three Cases. *Spine* 27(19): 416–418
  51. Berlemann U, Franz T, Orlor R, Heini PF (2004) Kyphoplasty for treatment of osteoporotic vertebral fractures: a prospective non-randomized study. *Eur Spine J* 13(6): 496–501

- 
52. Liebschner M, Rosenberg W, Keaveny T (2001) Effects of bone cement volume and distribution on vertebral stiffness after vertebroplasty. *Spine* 26(14): 1547–1554
  53. Wardlaw D, Cummings SR, van Meirhaeghe J, Bastian L, Tillman JB, Ranstam J, Eastell R, Shabe P, Talmadge K, Boonen S (2009) Efficacy and safety of balloon kyphoplasty compared with non-surgical care for vertebral compression fracture (FREE): a randomised controlled trial. *Lancet* 373(9668): 1016–1024
  54. Mantyh PW (2006) Cancer pain and its impact on diagnosis, survival and quality of life. *Nat Rev Neurosci* 7(10): 797–809
  55. Gaitanis IN, Hadjipavlou AG, Katonis PG, Tzermiadianos MN, Pasku DS, Patwardhan AG (2005) Balloon kyphoplasty for the treatment of pathological vertebral compressive fractures. *Eur Spine J* 14(3): 250–260
  56. Melton LJ (1997) Epidemiology of spinal osteoporosis. *Spine* 22(24 Suppl): 2–11
  57. Lyles KW (1999) Management of Patients with Vertebral Compression Fractures. *Pharmacotherapy* 19(1 Part 2): 21–24
  58. Cao KD, Grimm MJ, Yang KH (2001) Load sharing within a human lumbar vertebral body using the finite element method. *Spine* 26(12): 253–260
  59. Tomita S, Molloy S, Jasper LE, Abe M, Belkoff SM (2004) Biomechanical comparison of kyphoplasty with different bone cements. *Spine* 29(11): 1203–1207
  60. Guyot LL, Balahadra R, Fessler RD (2005) Mechanisms of pain relief with vertebroplasty and kyphoplasty. In: Resnick DK, Garfin SR (Hrsg) *Vertebroplasty and kyphoplasty*. Thieme, New York, S 10–13
  61. Huskisson EC (1974) MEASUREMENT OF PAIN. *Lancet* 304(7889): 1127–1131
  62. Troidl H, Neugebauer E (1990) Akuter Schmerz in der Chirurgie. Klinische Bedeutung, Messmethoden und Therapie (Acute pain in surgery. Clinical significance, methods for measuring and therapy). *Chirurg* 61(7): 485–493
  63. Bullinger M (1996) Erfassung der gesundheitsbezogenen Lebensqualität mit dem SF-36-Health Survey. In: Bullinger M (Hrsg) *Rehabilitation*, 35(3), Stuttgart, S 17–27
  64. Pflugmacher R, Bornemann R, Koch, E M W, Randau TM, Müller-Broich J, Lehmann U, Weber O, Wirtz DC, Kabir K (2012) Vergleich klinischer und radiologischer Daten bei der Behandlung von Patienten mit osteoporotischen Wirbelkörper-Kompressionsfrakturen mit Radiofrequenz-Kyphoplastie oder mit Ballon-Kyphoplastie (Comparison of clinical and radiological data in the treatment

- of patients with osteoporotic vertebral compression fractures using radiofrequency kyphoplasty or balloon kyphoplasty). *Z Orthop Unfall* 150(1): 56–61
65. Röllinghoff M, Hagel A, Siewe J, Gutteck N, Delank K, Steinmetz A, Zarghooni K (2013) Ist eine Höhenrekonstruktion mit vergleichsweise wenig Zement für die Radiofrequenz-Kyphoplastie über einen monopedikulären Zugang möglich? (Is height restoration possible with a comparatively smaller amount of cement in radiofrequency kyphoplasty using a monopedicle approach?). *Z Orthop Unfall* 151(2): 156–162
66. Hayes MHS, Patterson DG (1921) Experimental development of the graphic rating method. *Psychol Bull* 18: 98–99
67. Komp M, Ruetten S, Godolias G (2004) Minimally invasive therapy for functionally unstable osteoporotic vertebral fracture by means of kyphoplasty: prospective comparative study of 19 surgically and 17 conservatively treated patients. *J Miner Stoffwechs (Supp1)*(11): 13–15
68. Kasperk C, Hillmeier J, Nöldge G, Grafe IA, Dafonseca K, Raupp D, Bardenheuer H, Libicher M, Liegibel UM, Sommer U, Hilscher U, Pyerin W, Vetter M, Meinzer H, Meeder P, Taylor RS, Nawroth P (2005) Treatment of painful vertebral fractures by kyphoplasty in patients with primary osteoporosis: a prospective nonrandomized controlled study. *J Bone Miner Res* 20(4): 604–612
69. Kim K, Kuh S, Chin D, Jin B, Kim K, Yoon Y, Cho Y (2012) Kyphoplasty versus vertebroplasty: restoration of vertebral body height and correction of kyphotic deformity with special attention to the shape of the fractured vertebrae. *J Spinal Disord Tech* 25(6): 338–344
70. Prokop A, Koukal C, Dolezych R, Chmielnicki M (2012) Kyphoplastie zur Behandlung osteoporotischer Wirbelfrakturen. Eigene Erfahrungen mit über 500 Behandlungen (Kyphoplasty in the treatment of osteoporotic spine fractures. Experience in over 500 patients). *Z Gerontol Geriatr* 45(8): 756–760
71. Ledlie JT, Renfro MB (2005) Decreases in the number and severity of morphometrically defined vertebral deformities after kyphoplasty. *Neurosurg Focus* 18(3): 1–5
72. Voggenreiter G, Brocker K, Röhl B (2008) Ergebnisse der Ballonkyphoplastie in der Behandlung von osteoporotischen Wirbelkörperfrakturen. *Unfallchirurg* 111(6): 403–413

- 
73. Schofer MD, Illian CH, Illian JB, Kortmann HR (2008) Ballonkyphoplastie frischer Wirbelkörperfrakturen bei alten Patienten (Balloon kyphoplasty for recent vertebral fractures in the elderly). *Orthopade* 37(5): 462–469
  74. Papanastassiou ID, Phillips FM, van Meirhaeghe J, Berenson JR, Andersson, Gunnar B J, Chung G, Small BJ, Aghayev K, Vrionis FD (2012) Comparing effects of kyphoplasty, vertebroplasty, and non-surgical management in a systematic review of randomized and non-randomized controlled studies. *Eur Spine J* 21(9): 1826–1843
  75. Röllinghoff M, Siewe J, Zarghooni K, Sobottke R, Alparslan Y, Eysel P, Delank K (2009) Effectiveness, security and height restoration on fresh compression fractures - a comparative prospective study of vertebroplasty and kyphoplasty. *Minim Invasive Neurosurg* 52(5-6): 233–237
  76. Bae H, Shen M, Maurer P, Peppelman W, Beutler W, Linovitz R, Westerlund E, Peppers T, Lieberman I, Kim C, Girardi F (2010) Clinical experience using Cortoss for treating vertebral compression fractures with vertebroplasty and kyphoplasty: twenty four-month follow-up. *Spine* 35(20): 1030–1036
  77. Druschel C, Pirvu T, Melcher I, Haas NP, Schaser KD, Disch AC (2011) Verbesserung der Patientenmobilität nach Kyphoplastie: Vergleich des prä- und postoperativen ROM mit klinischen und radiologischen Ergebnisparametern. <http://www.egms.de/static/en/meetings/dkou2011/11dkou087.shtml>
  78. Buchbinder R, Osborne RH, Ebeling PR (2009) A randomized trial of vertebroplasty for painful osteoporotic vertebral fractures. *N Engl J Med* 361(6): 557–568
  79. Kallmes DF, Comstock BA, Heagerty PJ (2009) A randomized trial of vertebroplasty for osteoporotic spinal fractures. *N Engl J Med* 361(6): 569–579
  80. Bouza C, López T, Magro A, Navalpotro L, Amate JM (2006) Efficacy and safety of balloon kyphoplasty in the treatment of vertebral compression fractures: a systematic review. *Eur Spine J* 15(7): 1050–1067
  81. Armsen N, Boszczyk B (2005) Vertebro-/Kyphoplasty History, Development, Results. *Eur J Trauma* 31(5): 433–441
  82. Syed MI, Patel NA, Jan S, Harron MS, Morar K, Shaikh A (2005) New symptomatic vertebral compression fractures within a year following vertebroplasty in osteoporotic women. *AJNR Am J Neuroradiol* 26(6): 1601–1604

- 
83. Lin EP, Sven Ekholm S, Hiwatashia A, Westessona PL (2004) Vertebroplasty: Cement Leakage into the Disc Increases the Risk of New Fracture of Adjacent Vertebral Body. *AJNR Am J Neuroradiol* 25(2): 175–180
  84. Hulme PA, Krebs J, Ferguson SJ, Berlemann U (2006) Vertebroplasty and kyphoplasty: a systematic review of 69 clinical studies. *Spine* 31(17): 1983–2001
  85. Edidin AA, Ong KI, Lau E (2011) Mortality risk for operated and non-operated vertebral fracture patients in the medicare population. *J Bone Miner Res* 26(7): 1617–1626
  86. Andresen R, Radmer S, Kamusella P, Wissgott C, Banzer J, Schober HC (2012) Interventionelle Schmerztherapie mittels Ballon-Kyphoplastie bei Patienten mit osteoporosebedingten Insuffizienzfrakturen des Os sacrum (Interventional pain relief using balloon-kyphoplasty in patients with osteoporotic-based fatigue fractures of the os sacrum). *Rofo* 184(1): 32–36
  87. Johnell O, Oden A, Caullin F, Kanis JA (2001) Acute and long-term increase in fracture risk after hospitalization for vertebral fracture. *Osteoporos Int* 12(3): 207–214

## Thesen

1. Osteoporose ist einer Erkrankung der Knochen mit einer steigenden Prävalenz in den westlichen Industrienationen.
2. Osteoporotische Wirbelkörperfrakturen ziehen neben Schmerzen und der Einschränkung der Lebensqualität auch eine erhöhte Sterblichkeit nach sich.
3. Das minimalinvasive Verfahren der Kyphoplastie ist eine anerkannte Therapieoption für einen frakturierten Wirbelkörper und ermöglicht eine schnelle und erfolgreiche Behandlung.
4. Als Indikation für eine Kyphoplastie sollte ein permanenter Rückenschmerz im Bereich des frakturierten Wirbels bestehen, bei Versagen einer konservativen Therapie sollte dann die Kyphoplastie herangezogen werden.
5. Zur Objektivierung des Operationsverfahrens werden die radiologischen Parameter, die Schmerzreduktion und Scores zur Einschätzung der Lebensqualität herangezogen.
6. Durch die Kyphoplastie kann eine biomechanische Wiederaufrichtung des frakturierten Wirbelkörpers erzielt werden und sich somit der physiologischen Form wieder annähern.
7. Die Behandlung mit der Zementauffüllung erzielt eine sofortige Schmerzlinderung und ermöglicht eine Steigerung der Lebensqualität.
8. Es zeigt sich eine schwache Korrelation zwischen dem radiologischen Parametern und dem klinischem Outcome.

## Anhang

Tabelle I - Berechnung und Transformation der Skalenwerte des SF-36

Skala	Summe der endgültigen Itemwerte (Fragenantwort)	Niedrigster und höchst möglicher Rohwert	Mögliche Spannweite des Rohwertes
<b>Körperliche Funktionsfähigkeit</b>	3a+3b+3c+3d+3e+3f+3g+3h+3i+3j	10,30	20
<b>Körperliche Rollenfunktion</b>	4a+4b+4c+4d	4,80	4
<b>Körperliche Schmerzen</b>	7+8	2,12	10
<b>Allgemeine Gesundheit</b>	1+11a+11b+11c+11d	5,25	20
<b>Vitalität</b>	9a+9e+9g+9i	4,24	20
<b>Soziale Funktionsfähigkeit</b>	6+10	2,10	8
<b>Emotionale Rollenfunktion</b>	5a+5b+5c	3,60	3
<b>Psychisches Wohlbefinden</b>	9b+9c+9d+9f+9h	5,30	25

Tabelle II - Korrelationen

		Cobb präoperativ
Cobb-Winkel präoperativ	Korrelation nach Pearson N	1 66
SF-36 mental postoperativ	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	,336 ,006 66

Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

Tabelle III - Korrelationen

		Kyphosewinkel postoperativ
Oswestry Score Index postoperativ	Korrelation nach Pearson	,264
	Signifikanz (2-seitig)	,032
	N	66

Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant.

Tabelle IV - Korrelationen

		VAS präoperativ	VAS postoperativ
Oswestry Score Index präoperativ	Korrelation nach Pearson	,428	,175
	Signifikanz (2-seitig)	,000	,160
	N	66	66
Oswestry Score Index postoperativ	Korrelation nach Pearson	,118	,584
	Signifikanz (2-seitig)	,345	,000
	N	66	66

Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

Tabelle V - Korrelationen

		Differenz mittlere Wirbelhöhen
Differenz SF-36	Korrelation nach Pearson	,252
	Signifikanz (2-seitig)	,041
	N	66

Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant.

---

## Lebenslauf

Name: Julia Cramme  
Anschrift: Blumenstr.7  
06886 Lutherstadt Wittenberg  
Handy: +49(0)173/5717227  
Email: julia.cramme@t-online.de

Geburtsdatum und -ort: 28. Januar 1989 in Lutherstadt Wittenberg  
Staatsangehörigkeit: deutsch  
Familienstand: ledig

Schulbildung:  
Sept. 1995 - Aug. 1999 Grundschule „Geschwister Scholl“, Luth. Wittenberg  
Aug. 1999 - Sept. 2001 Sekundarschule „J. Bugenhagen“, Luth. Wittenberg  
Sept. 2001 - Juli 2007 „Martin-Luther-Gymnasium“, Luth. Wittenberg

Studium:  
Okt. 2007 - Sept. 2008 Studium der Biologie an der Universität Leipzig  
Sept. 2008 – Nov. 2014 Studium der Humanmedizin an der „Martin-Luther-Universität Halle/Wittenberg“

Sprachkenntnisse: Englisch 6 Jahre  
Latein 6 Jahre (Abschluss „Großes Latinum“)

Praktisches Jahr: Innere Medizin – Ev. Kh Paul-Gerhardt-Stift,  
Luth.Wittenberg  
Chirurgie – ASANA-Spital Leuggern, Schweiz  
Anästhesie/Intensivmedizin – Parkklinik Weißensee,  
Berlin

Beschäftigung: 2011-2012 Studentische Hilfskraft in der Universitätsklinik  
Herz-Thorax-Chirurgie Halle-Wittenberg

Halle/Saale, den

## **Selbständigkeitserklärung**

Hiermit erkläre ich, Julia Cramme, die vorliegende Dissertation „Klinisches und radiologisches Outcome bei Patienten mit frischen Wirbelkörperfrakturen nach Kyphoplastie“ selbständig und ohne unzulässige fremde Hilfe angefertigt zu haben. Ich habe keine anderen als die angeführten Quellen und Hilfsmittel benutzt und sämtliche Textstellen, die wörtlich oder sinngemäß aus veröffentlichten oder unveröffentlichten Schriften entnommen wurden, und alle Angaben, die auf mündlichen Auskünften beruhen, als solche kenntlich gemacht. Ebenfalls sind alle von anderen Personen bereitgestellten Materialien oder erbrachten Dienstleistungen als solche gekennzeichnet.

Halle/Saale, den

## **Erklärung über frühere Promotionsversuche**

Ich versichere, dass ich diese und auch keine andere Arbeit bisher an keiner anderen Universität oder Hochschule vorgelegt habe.

Halle/Saale, den

## **Danksagung**

Mein besonderer Dank gilt PD Dr. med. Röllinghoff, der diese Dissertation möglich machte und mich mit sehr viel Geduld und guten Ratschlägen immer wieder motivierte.

Ein weiterer Dank gilt der Klinik für Unfallchirurgie und Orthopädie des Evangelischem Krankenhaus Paul-Gerhardt-Stift in Lutherstadt Wittenberg, besonders Chefarzt Dr. med. David, der mir sein Patientengut und die Räumlichkeiten zur Verfügung stellte.

Besonderer Dank gebührt meinem Freund Tony Adam, ohne dessen stetiges Drängen eine Fertigstellung in weite Ferne gerückt wäre.

Zuletzt möchte ich mich bei meinen Eltern und Großeltern für die langjährige bedingungslose, uneingeschränkte, liebevolle und vielseitige Unterstützung bedanken.