

Aus der Hauptfachabteilung Chirurgie: Unfallchirurgie/Orthopädische Chirurgie

Caritas Krankenhaus Lebach, Chefarzt Dr. med. Markus Markenstein

Chirurgisch-Orthopädisches-Zentrum Illingen, Priv.- Doz. Dr. med. Jens Kelm

**Ballonkyphoplastie versus konservative Therapie bei  
traumatischen stabilen Wirbelkörperfrakturen der  
Brust- und Lendenwirbelsäule**

**Dissertation zur Erlangung des Grades eines Doktors der Medizin  
der Medizinischen Fakultät**

der UNIVERSITÄT DES SAARLANDES

2017

vorgelegt von Ahmed Abuazab

geboren am 19.06.1981 in Khanyounis/Palästina

**Meinen Eltern in Dankbarkeit gewidmet**

# Inhaltsverzeichnis

Abkürzungen.....	5
1 Zusammenfassung.....	7
2 Summary .....	9
3 Einleitung.....	11
3.1 Ballonkyphoplastie .....	11
3.1.1 Das Prinzip der Ballonkyphoplastie .....	12
3.2 Indikation von Ballonkyphoplastie .....	14
3.2.1 Traumatische Wirbelkörperfrakturen .....	14
3.2.2 Stabile traumatische Frakturen von Lendenwirbelkörper und Brustwirbelkörper.....	16
3.3 Kontraindikationen der Ballonkyphoplastie.....	17
3.4 Komplikationen der Ballonkyphoplastie .....	18
3.4.1 Zementaustritt .....	18
3.4.2 Anschlussfrakturen.....	19
3.5 Konservative Therapie der Wirbelkörperfrakturen .....	20
4. Patienten und Methoden .....	22
4.1 Patientengut.....	22
4.2 Methoden.....	26
4.2.1 Oswestry Disability Index (ODI).....	26
4.2.2 Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index (WOMAC).....	29
4.2.3 Visuelle Analogskala (VAS).....	30
4.2.4 Radiologische Auswertung .....	31
4.2.4.1 Kyphosewinkel .....	36
4.2.4.2 Wirbelkörperhöhe .....	39
5 Statistik .....	40
6 Ergebnisse .....	41
6.1 ODI-Score .....	45
6.2 WOMAC-Score .....	47
6.3 VAS-Score .....	48
6.4 Radiomorphologische Veränderung .....	49
6.4.1 Kyphosewinkel .....	49
6.4.2 Wirbelkörperhöhe.....	51

7 Diskussion .....	54
7.1 Oswestry Disability Index (ODI).....	55
7.2 Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index (WOMAC).....	57
7.3 Visuelle Analogskala (VAS).....	58
7.4 Radiomorphologische Veränderung .....	60
7.4.1 Kyphosewinkel .....	60
7.4.2 Wirbelkörperhöhe.....	62
7.5 Limitationen.....	64
8 Schlussfolgerungen der Arbeit .....	65
9 Literaturverzeichnis .....	66
10 Anhang .....	75
10.1 Untersuchungsbogen .....	75
10.1.1 Oswestry Disability Index (ODI).....	75
10.1.2 Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index (WOMAC).....	81
10.1.2.1 Schmerzfragen.....	81
10.1.2.2 Fragen zur Steifigkeit .....	82
10.1.2.3 Fragen zur körperlichen Tätigkeit .....	82
10.1.3 Visuelle Analogskala (VAS).....	85
10.2 Statistische Analyse .....	86
11 Danksagung.....	108
12 Lebenslauf .....	109
12.1 PERSÖNLICHE ANGABEN .....	109
12.2 AUSBILDUNG.....	109

## Abkürzungen

Abb	Abbildung
ADL	Activities of daily living
ant.	anterior
BKP	Ballonkyphoplastie
bzw.	beziehungsweise
et al.	altera
intermed.	intermediär
IQB	Interquartielbereich
KI	Konfidenzintervall
KT	Konservative Therapie
KV	Kilovolt
ml	Milliliter
NW	Neutralwirbel
Nr.	Nummer
n	Anzahl
ODI	Oswestry Disability Index
P	p-Wert
post	posterior
postop	postoperativ

präop	präoperativ
Psi	pound per square inch
Rö	Röntgen
SD	Standardabweichung
Tab	Tabelle
VAS	Visuelle Analogskala
WK	Wirbelkörper
WKF	Wirbelkörperfraktur
WOMAC	Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index
$\bar{X}$	Mittelwert
%	Prozent

## 1 Zusammenfassung

Die Ballonkyphoplastie ist eine effiziente Therapie zur Behandlung von Wirbelkörperfrakturen. Sie ermöglicht eine schnelle Stabilisierung der Wirbelkörperfraktur und eine rasche postoperative Schmerzreduktion. Als Alternative zu diesen invasiven Augmentationsverfahren steht die konservative Therapie im Vordergrund, die hauptsächlich durch funktionelle und medikamentöse Anteile vertreten wird. Ziel dieser Arbeit ist der Vergleich zwischen der Ballonkyphoplastie und der konservativen Therapie zur Behandlung von frischen stabilen traumatischen Wirbelkörperfrakturen der Brust- und Lendenwirbelsäule.

Im Rahmen einer retrospektiven Studie wurden 41 Patienten mit frischer stabiler traumatischer Wirbelkörperfraktur erfasst. Nach Aufklärung über die unterschiedlichen Therapieansätze entschieden sich 20 Patienten für die operative, 21 Patienten für die konservative Therapie. Zwischen April und Juni 2015 wurden die Patienten eingeladen. Sie wurden klinisch untersucht. Der Zeitraum zwischen Abschluss der operativen bzw. konservativen Therapie und dem Untersuchungszeitpunkt reichte von 6 bis 59 Monate.

Es wurden für diese Studie relevante Scores und Parameter erfasst. Zur Bestimmung des Maßes der Beeinträchtigung der Funktionsfähigkeit wurde in dieser Studie der Oswestry Disability Index (ODI) eingesetzt. Unterschiedliche klinische relevante Aspekte sowie der körperliche Funktionsstatus wurden durch Heranziehen des Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index (WOMAC) berücksichtigt. Des Weiteren wurde zur Erfassung der Schmerzintensität die Visuelle Analogskala (VAS) benutzt. Zur Bestimmung des Maßes der Wiederaufrichtung des frakturierten Wirbelkörpers wurde Kyphosewinkel in Anlehnung an Cobb bestimmt.

Des Weiteren wurden die anteriore, die mediane und die posteriore Wirbelkörperhöhe digital gemessen.

Die Auswertung des ODI-Scores ergab eine statistische Signifikanz zum Vorteil der BKP-Gruppe ( $p = 0,027$ ). Betrachtet man den Gesamtwert des WOMAC-Scores, ergibt sich einen signifikanten Unterschied zugunsten der BKP-Gruppe ( $p = 0,043$ ). Jedoch zeigte sich keine Signifikanz bezüglich der Schmerz- und Steifigkeitsdimension. ( $p(\text{Schmerz}) = 0,14$ ,  $p(\text{Steifigkeit}) = 0,133$ ). Es konnte ein deutlich statistisch signifikanter Unterschied bezüglich der Schmerzintensität (VAS-Score) nach erfolgter Therapie zwischen beiden Gruppen zum Vorteil der BKP-Gruppe gezeigt werden ( $p = 0,002$ ). Hinsichtlich der Veränderung der Kyphosewinkel konnte eine statistische Signifikanz zugunsten der operativen Versorgung nachgewiesen werden ( $p = 0,010$ ). Bezüglich der Veränderung der Wirbelkörperhöhe in beiden Gruppen zeigte sich einen signifikanten Unterschied zugunsten der operativen Versorgung. ( $P_{\text{ant.}} < 0,001$ ,  $P_{\text{intermed.}} < 0,001$  und  $P_{\text{post.}} < 0,001$ ).

Aus den statistischen Ergebnissen dieser Arbeit kann man schlussfolgern, dass unseren Patientengut die Ballonkyphoplastie besseres Outcome als die konservative Therapie. Dies ermöglichte eine Verbesserung des Funktionsstatus des Körpers in alltäglichen Aktivitäten, an einer besseren Schmerzreduktion sowie an der Verbesserung der radiomorphologischen Parameter.

## 2 Summary

Balloon kyphoplasty is an efficient therapy for the treatment of vertebral fractures. It allows a rapid stabilization of the vertebral body fracture and a rapid postoperative pain reduction. As an alternative to these invasive augmentation procedures, the focus is on conservative therapy, which is mainly represented by functional and medicinal components. The aim of this work is the comparison between balloonkyphoplasty and conservative therapy for the treatment of fresh stable traumatic vertebral fractures of the thoracic and lumbar spine.

In a retrospective study, 41 patients with a fresh, stable, traumatic vertebral fracture were identified. After clarification on the different therapeutic approaches, 20 patients opted for the operative, 21 patients for the conservative therapy. Between April and June 2015 the patients were invited. They were clinically examined. The period between the conclusion of the operative or conservative therapy and the time of examination ranged from 6 to 59 months.

Scores and parameters relevant to this study were recorded. The Oswestry Disability Index (ODI) was used in this study to determine the degree of impairment of functional capacity. Different clinical-relevant aspects as well as the physical function status were taken into account by taking into account the Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index (WOMAC). Furthermore, the visual analogue scale (VAS) was used to measure the pain intensity. To determine the degree of reorientation of the fractured vertebral body, kyphosis angles were determined in accordance with Cobb. Furthermore the anterior, the median and the posterior vertebral height were measured digitally.

The evaluation of the ODI score revealed a statistical significance to the advantage of the BKP group ( $p = 0.027$ ). Considering the overall value of the WOMAC score, a significant difference results in favor of the BKP

group ( $p = 0.043$ ). However, no significance was found for the pain and stiffness dimension. ( $P$  (pain) = 0.14,  $p$  (stiffness) = 0.133). A significantly statistically significant difference in pain intensity (VAS score) after therapy between the two groups was demonstrated ( $p = 0.002$ ) for the benefit of the BKP group. In terms of the change in kyphotic angle, statistical significance was found in favor of operative care ( $p = 0.010$ ). Regarding the change in vertebral body height in both groups, a significant difference was found in favor of operative care. ( $p_{\text{ant.}} < 0,001$ ,  $p_{\text{intermed.}} < 0,001$  and  $p_{\text{post.}} < 0,001$ ).

From the statistical results of this work one can conclude that the balloonkyphoplasty offers a higher clinical and physical gain than the conservative therapy. This is reflected in a better pain reduction, in the improvement of the radiomorphological parameters and in the improvement of the functional status in everyday activities.

## **3 Einleitung**

### **3.1 Ballonkyphoplastie**

Die Ballonkyphoplastie ist ein minimal invasives Verfahren zur Therapie von thorakolumbalen Wirbelkörperfrakturen unterschiedlicher Genese. Sie hat sich als sicherer und effizienter Therapieansatz erwiesen [BOUZA et al., 2014]. Die Ballonkyphoplastie ist indiziert bei stabilen Frakturen ohne Verlagerung der Wirbelkörperhinterkante [GAN M et al., 2014].

Sie ermöglicht durch das Einführen eines speziellen Ballons in den gebrochenen Wirbelkörper und durch die anschließende Zementierung die Stabilisierung der Frakturen [YOKOYAMA et al., 2014]. Dadurch wird postoperativ eine erhebliche Schmerzreduktion erzielt [PROKOP et al., 2014; WU Y et al., 2014; YU CW et al., 2014; ZAPALOWICZ et al., 2014].

Da die Verbesserung der statischen Eigenschaften der Wirbelsäule mit der Verbesserung der allgemeinen Funktionalität korreliert, sind fast alle Patienten postoperativ mobilisierbar [BORGSTRÖM et al., 2013; FANG XT et al., 2013]. Das Ziel dieses Verfahrens ist nicht nur die Reposition und die Wiederherstellung von Wirbelkörperfrakturen, sondern auch die Vermeidung von weiteren Sinterungen [STANNARD et al., 2011].

### 3.1.1 Das Prinzip der Ballonkyphoplastie

Die erste Operation, bei der dieses Augmentationsverfahren eingesetzt wurde, wurde von Mark Reiley im Jahr 1998 in den USA durchgeführt. Es ist wichtig, hier zu erwähnen, dass für eine Kyphoplastie keine Notfallindikation besteht [JEROSCH und STEINLEITNER, 2009].

Es ist jedoch umstritten, ob die Ballonkyphoplastie zur dauernden Aufrichtung einer Wirbelkörperfraktur führt. Einige langfristige Studien deuten darauf hin, dass die initiale nachweisbare Aufrichtung nicht über einen längeren Zeitraum besteht. Die gewonnenen Ergebnisse zeigten, dass es nach Ablauf einiger Jahre zu Korrekturverlusten kam [FRIEDRICH und STEUDE, 2013].

Bei der Ballonkyphoplastie wird zunächst ein präformiertes Cavum mit definiertem Lumen geschaffen. Der besondere Vorteil einer Hohlrumbaueung liegt in der Reduktion der Zementaustrittsrate [EKKERNKAMP, 2011]. Anschließend wird ein volumengesteuerter Ballonkatheter in den Wirbelkörper eingeführt, dieser wird mit wasserlöslichem Röntgenkontrastmittel gefüllt. Bei der kontrollierten Aufweitung des Spezialballons wird die Spongiosa zusammengedrückt, so entsteht eine verdichtete Wand aus Spongiosamaterial [BÜHREN und JOSTEN, 2012]. Der Ballon wird typischerweise mit einem Druck von maximal 250 psi und mit 1,5 bis 6 ml Kontrastmittel ausgedehnt. [PROCTOR, 2007] Nach der partiellen Aufrichtung durch die Ausdehnung des Ballons wird das Kontrastmittel aus dem Ballon abgelassen. Die Größe des Lumens bleibt nach der Entfernung des Ballons unverändert, da durch die Lagerung des Patienten in eine hyperlordotische Position und die Entspannung der Rückenmuskulatur, die Wirbelsäule sehr wenig belastet wird [BÜHREN und JOSTEN, 2012]. Danach wird unter Röntgendurchleuchtung ein Niederviskose-Zement (typischerweise Polymethylmethacrylat [PMMA]) mit niedrigem Injektionsdruck in den Hohlraum eingespritzt [FREYSCHMIDT, 2008].

Ein weiteres Augmentationsverfahren zur Therapie von Wirbelfrakturen ist die Vertebroplastie. Die Kyphoplastie zeigt eine deutlich bessere Fähigkeit zur Wiederherstellung der Wirbelkörperhöhe [DAN XING et al., 2013; YOKOYAMA et al., 2013; LANDHAM et al., 2014]. Ein weiterer Grund für die signifikant hohe Rate an Zementleckage ist darauf zurückzuführen, dass bei der Vertebroplastie die Injektion von Zement in den gebrochenen Wirbelkörpern mit hohem Druck erfolgt [XIAO H et al., 2014].

Folgefrakturen nach einer Vertebroplastie sind häufiger zu beobachten als bei der Ballonkyphoplastie [BÜHREN und JOSTEN, 2012]. Darüber hinaus zeigten verschiedene Studien ein günstigeres Risikoprofil der Kyphoplastie im Vergleich zur Vertebroplastie [HÜBSCHLE et al., 2013].

Warum es postoperativ zur schnellen Schmerzreduktion kommt, ist noch nicht vollständig geklärt. Am ehesten basiert die Schmerzlinderung durch zementgebundene Augmentations-Verfahren auf der Verminderung der Mikrobewegung innerhalb des Wirbelkörpers [FAßBENDER und WALTER, 2008].

## **3.2 Indikation von Ballonkyphoplastie**

Ursprünglich wurde die Ballonkyphoplastie zur Behandlung von osteoporotischen Frakturen eingesetzt. In Erweiterung des Indikationsspektrums wird heutzutage die Kyphoplastie als palliativer Therapieansatz in der Therapie von Wirbelkörperläsionen und traumatischen Frakturen angewandt [BÖRM, 2009; MARKMILLER et al., 2015].

### **3.2.1 Traumatische Wirbelkörperfrakturen**

Die Frakturen äußern sich durch vermehrte Kyphosierung der Wirbelsäule, mit Abnahme der Körpergröße, durch Verkürzung des Rumpfes [NIEMIER und SEIDEL, 2011]. Die Einengung des Thoraxraumes aufgrund des Größenverlusts kann kardiopulmonale Beschwerden auslösen, z. B. eine Abnahme der Vitalkapazität [EKKERNKAMP, 2011]. Dabei erhöht jeder Bruch das Risiko einer weiteren Fraktur etwa um 500% [HALLE, 2008].

Bei traumatischen Frakturen ohne Hinterkante Beteiligung kommt die Ballonkyphoplastie zum Einsatz. Nach der AO (Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen) -Klassifikation ist der Einsatz der Ballonkyphoplastie zur Behandlung von Typ A2 und A3 Frakturen aufgrund der fehlenden kortikalen-Stabilität ungeeignet. Prinzipiell wird heute die Ballonkyphoplastie zur Versorgung von Frakturen des Typs A1 zugelassen. Nach dem Eingriff, der eine durch Bildgebung kontrollierte Instillation von Knochenzement in den fakturierten Wirbel beinhaltet, wird der Schmerz erheblich vermindert und die Belastungsstabilität gefestigt [FONSEKA, 2006; AHRENS, 2009; BÜHREN und JOSTEN, 2012].

Bisher wurden verschiedene Einteilungen und Klassifikationen der Wirbelkörperfrakturen vorgenommen, die zwischen Frakturtypen anhand der anatomischen Gesichtspunkte differenzieren und teilweise

Frakturmechanismen berücksichtigen, viele von ihnen haben die geforderten Kriterien nicht zur Gänze erfüllt. Heutzutage wird üblicherweise die umfassende Einteilung nach Magerl herangezogen. Diese gängigste Klassifikation wurde im Jahr 1994 zur Beurteilung von Wirbelkörperverletzungen eingeführt, auf der die heutige AO-(Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen)-Klassifikation hauptsächlich basiert. Nach Magerl verursachen drei unterschiedlich einwirkende Kräfte drei Brucharten [BOHNDORF und IMHOF, 2013].

Es werden anhand der Pathomorphologie zwischen drei Hauptgruppen unterschieden:

Typ-A-Fraktur, die durch Kompressionskräfte verursacht wird

Typ-B-Fraktur ist auf einwirkende Distraktionskräfte zurückzuführen

Typ-C-Fraktur entsteht durch Rotationskräfte.

Die Einteilung beruht auf dem Zwei-Säulen-Modell von Whiteside und auf dem Drei-Säulen-Modell von Denis. Die drei Frakturtypen A, B und C sind jeweils in drei Gruppen, die je drei Untergruppen enthalten, unterteilt [AUTHORSEN, 2004]. Die Schwere und Kompliziertheit der Wirbelkörperverletzung und das Ausmaß der neurologischen Komplikationen sowie die einhergehende Instabilität steigen sowohl von Typ A nach C als auch innerhalb der Frakturtypen der Gruppe 1 bis 3 zunehmend an. Typ-A-Fraktur und Typ-B-Fraktur treten häufig kombiniert auf [IMHOF, 2006].

### **3.2.2 Stabile traumatische Frakturen von Lendenwirbelkörper und Brustwirbelkörper**

Im Hinblick auf Stabilität einer Wirbelkörperverletzung erfolgt die Beurteilung der Wirbelfrakturen nach dem 3-Säulen-Modell von Denis, das auf das Jahr 1983 zurückgeht. Das Modell ist in der Lage, komplizierte Zusammenhänge zu vereinfachen und die unterschiedlichen Frakturen einzuordnen.

Eine Wirbelkörperfraktur wird als stabil eingestuft, wenn nur eine Säule betroffen ist, meistens die vordere Säule, wobei diese aus 2/3 des Wirbelkörpers, der Bandscheibe und dem vorderem Längsband besteht. Nach dieser Vorstellung gelten Kompressionsverletzungen, also Frakturen Typ A als stabile Frakturen, da bei derartigen Frakturen nur die vordere Säule betroffen ist, der hintere Bandkomplex bleibt dagegen intakt [KRISCHAK, 2011]. Typischerweise sind junge Patienten von Typ A1.2-Frakturen, Keilwirbel mit Dislokation, betroffen. Dagegen leiden alte Menschen oft unter Typ A1.3-Frakturen.

Entsprechend der Kriterien des 3-Säulen-Modells sind Typ B- und Typ C-Frakturen als instabil zu sehen, da die mittlere und die hintere Säule gemeinsam oder einzeln betroffen sein könnten. Mit steigender Instabilität nimmt die Gefahr von neurologischen Ausfällen deutlich zu [GRIFKA und KRÄMER, 2013].

### **3.3 Kontraindikationen der Ballonkyphoplastie**

Die Durchführung der Ballonkyphoplastie ist bei chronischen entzündlichen Prozessen, zum Beispiel Osteomyelitiden und Spondylodiszitiden, kontraindiziert. Allergien gegen Zementmaterial oder verwendete Komponenten der Kyphoplastie gelten in diesem Sinne ebenfalls als Kontraindikationen. Ist der betroffene Wirbel von einer bakteriellen Infektion betroffen oder liegt bereits eine systemische Infektion vor, kommt dieses Verfahren nicht zum Einsatz. Bei degenerativ bedingten Rückenschmerzen und symptomatischen Bandscheibenvorfällen sollte eine Ballonkyphoplastie unterbleiben. Prophylaktische Kyphoplastien bei drohenden osteoporotischen Wirbelkörperfrakturen sollten eher nicht durchgeführt werden [BECKER und OGON, 2005; interdisziplinäres Konsensuspapier der deutschen Fachgesellschaften, 2005; LEISTEN, 2013].

### **3.4 Komplikationen der Ballonkyphoplastie**

Die Verletzung benachbarter Strukturen ist vor allem auf schlechte Bildgebung zurückzuführen. Hierbei können prinzipiell unterschiedliche Strukturen betroffen sein [EKKERNKAMP und MÜLLER-MAI, 2011; SHIMOKAWA, 2016].

Darüber hinaus kann es durch falsche Positionierung des Patienten zu mechanischen Beschwerden z. B. Rippenfrakturen kommen. Eine präoperative CT- oder MRT-Untersuchung kann die Komplikationsrate verringern, indem man den allgemeinen Status des Wirbels nachvollzieht. Es ist daraus zu schließen, dass die intraoperative Röntgenkontrolle den Schlüssel zum Erfolg der Ballonkyphoplastie darstellt [HUANG et al., 2015; KUN SHEN et al., 2015].

#### **3.4.1 Zementaustritt**

Zementbedingte Komplikationen stellen die häufigsten begleitenden Komplikationen dar. Solche Beschwerden bleiben meist über längere Zeit stumm (asymptomatischer Verlauf). Bei etwa 4% aller Fälle werden neurologische Ausfallerscheinungen beobachtet. Die Gefahr eines Zementaustritts beschränkt sich nicht nur auf lokale neurologische Defizite, sondern kann auch zu Embolien führen. Diese können sich zu pulmonalen Komplikationen ausweiten. [BARALIAKOS, 2010; TRAN et al., 2013].

Eine niedrige Viskosität des Knochenzementes dürfte das Zustandekommen eines Zementaustritts begünstigen. Die Austrittsrate bei der Ballonkyphoplastie variiert in der Literatur, häufig wird sie mit 10% angegeben [BÖRM, 2009].

### 3.4.2 Anschlussfrakturen

Unter Anschlussfraktur versteht man eine neu auftretende Fraktur in unmittelbarer Nachbarschaft zu den zementaugementierten Wirbeln. Nach den heutigen Angaben sind etwa 30-60% angrenzend [BECKER und OGON, 2006]. Das Risiko ist hauptsächlich mit dem Ausmaß einer osteoporotischen Grunderkrankung assoziiert [HUANG et al., 2015].

Das Alter der Patienten könnte auch eine Rolle spielen. Eine neue Studie von Spross et al. [2014] vermutete, dass noch andere Faktoren bei der Entstehung von Anschlussfrakturen mitspielen könnten. Diese Studie legte nahe, dass eine präoperative segmentale Kyphose von mehr als 30° und das gleichzeitige Vorhandensein einer Komorbidität das Risiko erhöhen können. Die Behandlung eines Wirbels durch Ballonkyphoplastie reduziert die Deformität des Wirbels und verringert infolgedessen das Risiko einer Folgefraktur schon deutlicher als die konservative Therapie. Darüber hinaus wird die Degeneration der Bandscheiben, die unmittelbar oberhalb des behandelten Wirbels liegt, stark beschleunigt [BECKER und OGON, 2006; MOVRIN et al., 2012].

### 3.5 Konservative Therapie der Wirbelkörperfrakturen

Dieses therapeutische Konzept hat zum Ziel, Immobilisationsschäden zu vermeiden und die Wiederherstellung der Beweglichkeit bei einfachen Frakturen zu begünstigen, durch das Tragen eines dynamischen Muskelmieders, sie ist vor allem bei stabilen Kompressionsbrüchen indiziert. Bei dieser Therapiemöglichkeit wird auf jegliche Reposition verzichtet. Die anfängliche Bettruhe hängt vor allem vom Stabilitätsgrad der Wirbelhinterwand ab. Die Mobilisierung erfolgt unterstützt unter Anwendung einer Drei-Punkt-Orthese. Die Übungsbehandlungen spielen dabei eine bedeutende Rolle. Dabei erlernt der Patient verschiedene Bewegungsabläufe. Die Dauer der funktionellen Behandlung variiert je nach dem individuellen Zustand. Die aktiven Lordosierungsübungen sind ein integraler Anteil dieser Therapie, da die Keilform der Wirbel günstig beeinflusst wird [HENKEL, 2006; EKKERNKAMP und MÜLLER-MAI, 2010; NERLICH und WEIGEL, 2011]. Die Fraktureinrichtung nach Böhler erfolgt in dorsaler Durchhangposition durch einen kontrollierten Längszug an allen vier Extremitäten mit anschließender Lordosierung über einen breiten Gurt oder eine Rolle. Die gedeckte Reposition erfolgt unter Bildwandlerkontrolle. Nach Einrichtung der Fraktur wird die Retention mittels Gipsmieder vorgenommen [EKKERNKAMP und MÜLLER-MAI, 2010]. Nach Erreichen einer Schmerzreduktion schließt sich die Übungsbehandlung an. Durch gezielte und kontrollierte Mobilisation wird ein muskuläres Korsett ausgebildet [HENKEL, 2006; EKKERNKAMP und MÜLLER-MAI, 2010; NERLICH und WEIGEL, 2011].

Im Rahmen dieser retrospektiven Studie wird überprüft, ob der klinische Outcome kyphoplastisch versorgter Patienten bei traumatischen stabilen Wirbelkörperfrakturen der Brust- und Lendenwirbelsäule besser ist als bei konservativ behandelten Patienten.

Durch Erfassung des ODI-Score und WOMAC-Score, die die Funktionsfähigkeit des Patienten angeben und die Lebensqualität der Patienten widerspiegeln sowie eine subjektive Beurteilung der Schmerzintensität anhand des VAS-Score , wird ein Vergleich zwischen konservativer und operativer Therapie von traumatischen stabilen Wirbelkörper angestellt. Des Weiteren wird in dieser Studie die Veränderung der radiomorphologischen Parameter nach erfolgter Therapie berücksichtigt. Gemessen werden in erster Linie der Kyphose-Winkel und die Wirbelkörperhöhe.

## **4 Patienten und Methoden**

### **4.1 Patientengut**

Es wurde eine retrospektive Studie im Rahmen der Versorgung von Patienten mit stabilen traumatischen Frakturen der Lenden- und Brustwirbelsäule durchgeführt.

In die Studie wurden 41 Patienten eingeschlossen, die an der Unfallchirurgischen Abteilung des Caritas Krankenhauses Lebach zwischen dem 01.07.2010 und dem 30.06.2014 wegen traumabedingten frischen stabilen Wirbelkörperfrakturen behandelt wurden. Die Teilnahme an der Studie erfolgte unter der Voraussetzung einer Einverständniserklärung der Patienten. Zwischen April und Juni 2015 wurden die Patienten eingeladen. Es erfolgte die Erfassung bestimmter Parameter und Scores.

Über das Wesen und die Bedeutung der Studie wurden die Patienten aufgeklärt. In dem betreffenden Zeitraum wurden 41 Patienten befragt. Ein Ethikantrag Nr. 82/15 wurde vor Beginn der Untersuchung eingereicht, dem durch die Ethik-Kommission des Ärztekammers des Saarlandes zugestimmt wurde.

Insgesamt 41 Patienten haben an dieser Studie teilgenommen. Bei allen Patienten waren die Einschlusskriterien zur Behandlung durch Ballonkyphoplastie erfüllt. Patienten, die die Versorgung mit Ballonkyphoplastie nach der operativen Aufklärung abgelehnt haben, wurden konservativ behandelt.

Alle Patienten litten bei der Erstaufnahme unter heftigen Rückenschmerzen. Bei allen Patienten erfolgte unmittelbar nach dem Trauma eine konventionelle Röntgenaufnahme. Diese radiologischen Befunde dienten ebenfalls als Ausgangspunkt der Auswertung über die Veränderung der Höhe des Wirbelkörpers und die Bestimmung des

Kyphosewinkels. Während die Therapie bei den operativ behandelten Patienten 4-5 Tagen dauerte, erstreckte sich die konservative Therapie von 3 bis 4 Monaten. Nach Abschluss der operativen bzw. konservativen Therapie wurden alle Patienten erneut als Verlaufskontrolle geröntgt.

Das gesamte Patientengut wurde demografisch nach Geschlecht und Alter beschrieben, dabei wird der entsprechende Mittelwert angegeben.

Unter den Patienten waren 24 Frauen (58%) und 17 Männer (42%) im durchschnittlichen Alter von 67 bzw. 59 Jahren.

**Tab. 4.1 - 1: Geschlechtsverteilung innerhalb BKP-Gruppe und KT-Gruppe**

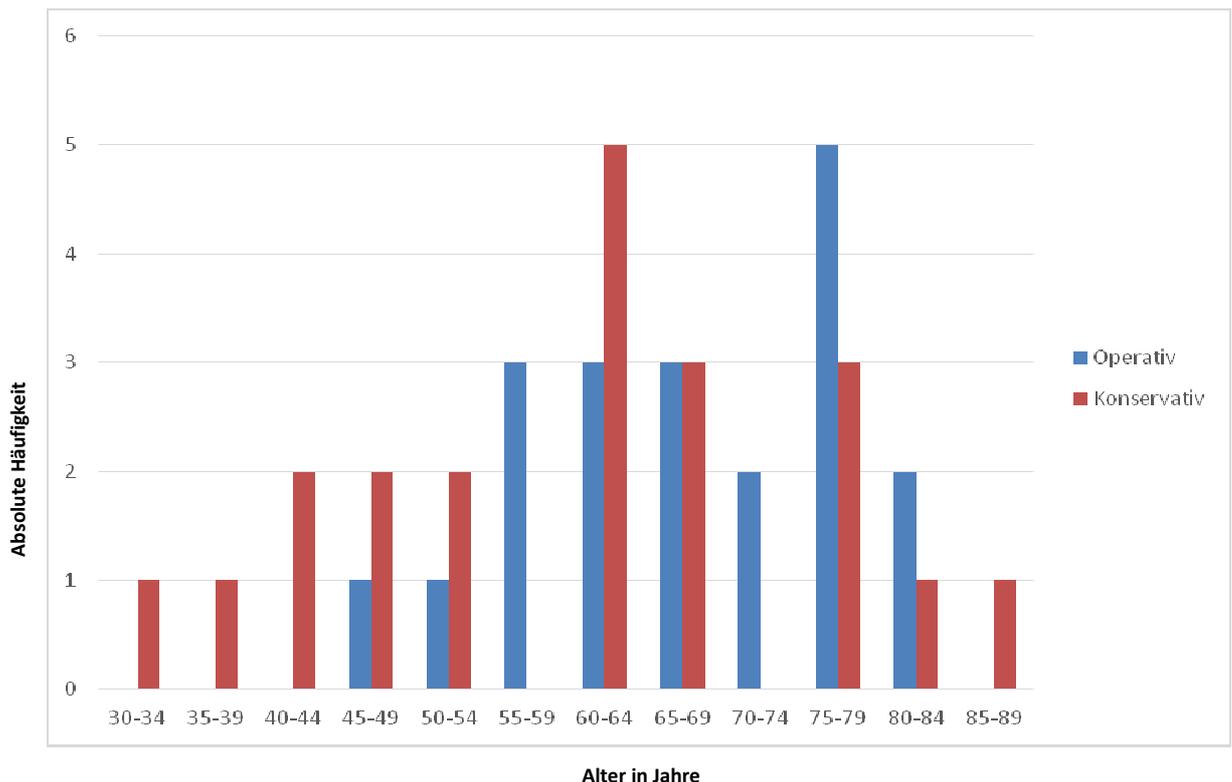
	BKP		KT	
	Anzahl	%	Anzahl	%
weiblich	16	80	8	38
männlich	4	20	13	62

Tab. 4.1-1 liefert einen Überblick über das Patientenkollektiv und die Geschlechtsverteilung je nach Versorgungsmethode. In der Behandlungsgruppe der Ballonkyphoplastie überwog der weibliche Anteil (16 Patienten, 80%), in der KT-Gruppe der männliche Anteil (13 Patienten, 62%).

Abbildung 4.1-1 veranschaulicht die Verteilung der Altersklassen der Patienten in Abhängigkeit der Versorgungsmethode.

Die Verteilung der Gesamtheit der Altersgruppen wurde als Säulendiagramm dargestellt. Das Alter betrug durchschnittlich 64,12 Jahre.

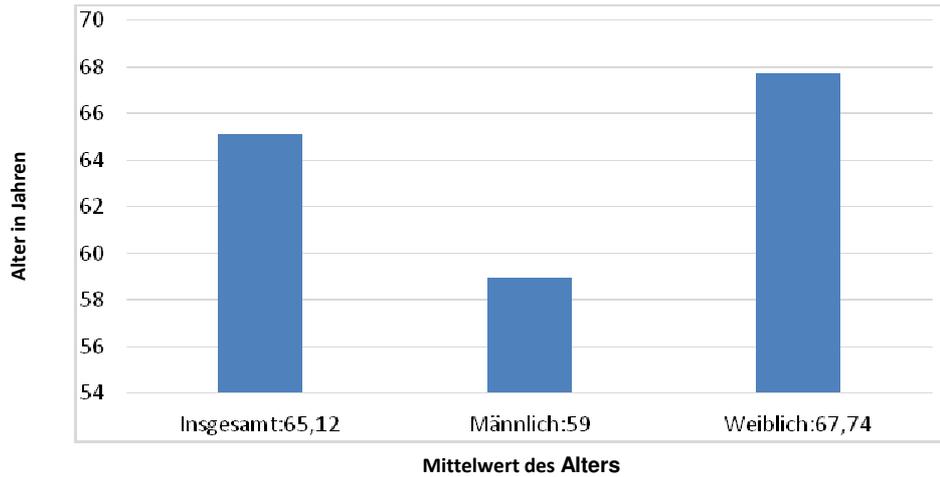
Mehr als die Hälfte der Patienten gehören zu der Altersgruppe der Über-60-jährigen. Der Mittelwert des Patientenalters beträgt für die BKP-Gruppe 67,25 Jahre, für KT-Gruppe 61,14 Jahre.



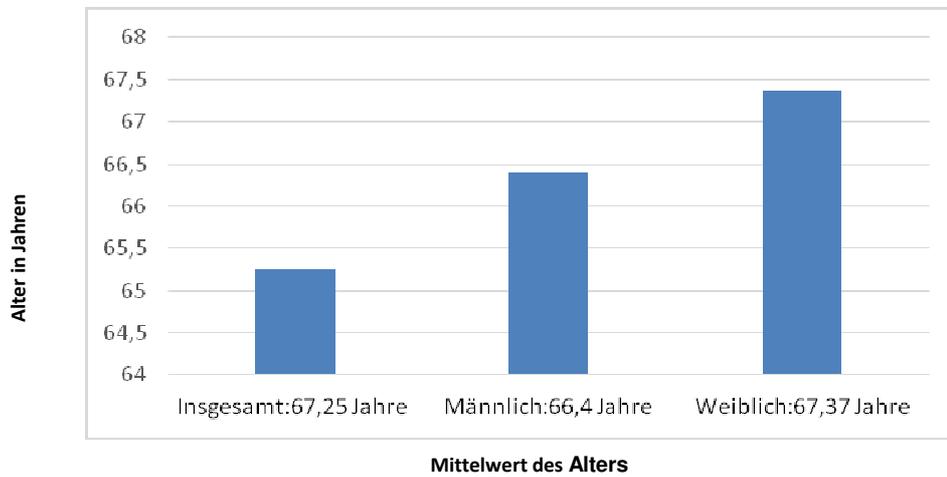
**Abb. 4.1 - 1: Altersverteilung der Patienten**

Das durchschnittliche Alter der weiblichen Patienten, die an die Studie beteiligt sind, überwog gegenüber den männlichen Patienten. Es betrug 67,79 Jahren, der Mittelwert für den männlichen Anteil liegt bei 59 Jahren. Abbildung 4.1-2 zeigt die Altersverteilung in Abhängigkeit vom Patientengeschlecht.

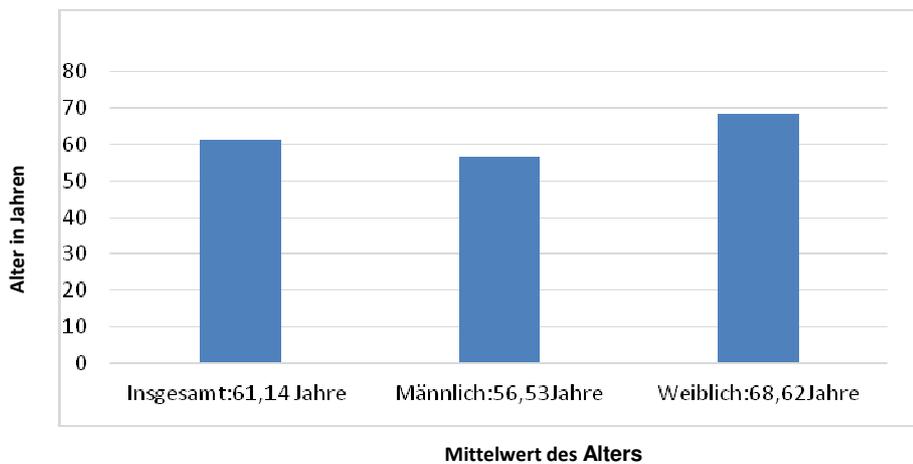
Die Altersunterteilung im Zusammenhang mit der Versorgungsmethode wird in Abbildung 4.1-3 und 4.1-4 verdeutlicht.



**Abb. 4.1 - 2: Mittelwert des Alters der gesamten Patientenkollektiv**



**Abb. 4.1 - 3: Mittelwert des Alters der operativ versorgten Patienten**



**Abb. 4.1 - Mittelwert des Alters der konservativ versorgten Patienten**

## 4.2 Methoden

Die Überprüfung der Körperbeweglichkeit und Körperfunktion erfolgte mit Hilfe des ODI (Oswestry Disability Index) und des WOMAC (Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index). Zur zielorientierten Erhebung der Schmerzanamnese wurde die Visuelle Analogskala (VAS) verwendet.

### 4.2.1 Oswestry Disability Index (ODI)

Es handelt sich um ein etabliertes Instrument zur Erfassung der körperlichen Funktionsfähigkeit. Mit Hilfe des ODI kann man die empfundenen Einschränkungen, die ein Patient im Alltag aufgrund von Rückenschmerzen erlebt, ermitteln.

Der ODI wurde im Jahr 1980 von Fairbank entwickelt. Er enthält zehn Items, also zehn Funktionsgebiete, die die Schmerzintensität und die Einschränkungen bei den alltäglichen physikalischen Aktivitäten berücksichtigen.

Für jede Frage gibt es sechs Antwortmöglichkeiten, die von den Patienten von 0 bis 5 bewertet werden, das maximale Ergebnis dieses Tests beträgt somit 50 Punkte.

Liegt keine Einschränkung oder keine schmerzbedingte Beeinträchtigung in dem entsprechendem Funktionsgebiet vor, wird auf 0 gekreuzt, eine totale Einschränkung in einem bestimmten Bereich ist mit 5 zu bewerten [DEEMTER, 2012].

Die zehn Kategorien, der ODI einschließt, sind:

1-Schmerzintensität

2-Körperpflege

3-Heben

4-Laufen

5-Sitzen

6-Stehen

7-Schlafen

8-sexuelle Aktivität

9-Gesellschaftsleben

10-Reisen

Nach dem Ausfüllen der Fragebogen wird der prozentuale Wert der erreichten Punkte in Korrelation der maximal möglichen Punktzahl ermittelt [HANELINE, 2006].

$ODI\ Score\ (\%) = (erreichte\ Punkte / maximal\ mögliche\ Punkte) \times 100\%$

Interpretation und Auswertung der Oswestry Disability Index:

0–20% = minimal Disability (minimale Behinderung)

20–40% = moderate Disability (mäßige Behinderung)

40–60% = severe Disability (starke Behinderung)

60–80% = crippled (invalidisierend)

80–100% = either bed-bound or exaggerating symptoms (bettlägerig)

Eine Verbesserung des ODI um 10% gilt als klinisch relevant, das entspricht etwa einer Veränderung von 4 bis 5 Punkten [HANELINE, 2006].

Erreicht ein Patient auf ODI-Score eine Punktzahl von weniger als 10, dann spricht man defentionsgemäß von minimaler Beeinträchtigung, 20 von mäßigen und 30 von starken Beeinträchtigung. Invalidisierend sind Patienten mit Punktzahl zwischen 30 und 40 auf ODI-Score.

#### **4.2.2 Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index (WOMAC)**

Obwohl dieses Index ursprünglich von Bellamy im Jahr 1988 entwickelt wurde, um das Ausmaß der Beeinträchtigung und den Einschränkungsgrad der Lebensqualität, die mit Knie- und Hüftarthrose einhergehen, zu erfassen, wird es aber heute auch zur Ermittlung des Funktionsstatus bei Patienten mit Rückenschmerzen, aufgrund einer Fraktur im Wirbelbereich verwendet [GRIFKA und KUSTER, 2011; GREITEMANN und STEIN, 2015].

Da Arthrose die Wirbelsäule und Kniegelenke am häufigsten betroffen, wird der WOMAC Score bei der Anamneseerhebung bei Arthrosepatienten mit Rückenschmerzen eingesetzt.

Die validierte deutsche Version des WOMAC steht seit 1996 zur Verfügung. Der WOMAC-Score umfasst drei Skalen mit insgesamt 24 Fragen, die klinisch wichtige Aspekte berücksichtigen.

Die Fragen schließen 5 Fragen zum Schmerz bei unterschiedlichen alltäglichen Aktivitäten, 2 Fragen zur Steifigkeit und 17 Fragen zum körperlichen Funktionsstatus, ein.

Die deutsche Version arbeitet mit einem Wertebereich von 0 (keine Beeinträchtigung) bis 10 (extreme Beeinträchtigung) [KRUKEMEYER und MÖLLENHOFF, 2013].

### 4.2.3 Visuelle Analogskala (VAS)

Die mit der Wirbelkörperfraktur einhergehenden Schmerzen können schwerwiegende Folgen haben, diese reichen von der reduzierten Lebensqualität, Immobilisierung bis zur Schädigung des Herz-Kreislaufsystems [BECKER und OGON, 2006]. Daher ist ihre Erhebung sehr relevant für die Indikationsstellung, die Therapieplanung und Therapiekontrolle. Die Erfassung der Schmerzen muss sowohl prä- als auch postoperativ erfolgen, darüber hinaus ist eine umfassende Schmerzanamnese zur Planung der Schmerztherapie von großer Bedeutung. Da der Patient subjektiv seine Schmerzen anhand eines standardisierten Instrumentes zur Schmerzeinstufung beschreibt, spielt die Schmerzdiagnostik und Schmerzanalyse eine zentrale Rolle bei der Beurteilung des Therapieerfolgs. Zur Erfassung des Schmerzausmaßes stehen diverse zuverlässige Schmerzskalen und Messinstrumente zur Verfügung.

Die visuelle Analogskala (VAS) ist eine beliebte standardisierte Skala zur Schmerzevaluation. Es wurde klinisch angezeigt, dass VAS in der Lage ist, Veränderungen der subjektiv empfundenen Schmerzen mit guter Sensitivität zu erfassen und kleinste Unterschiede aufzuspüren [EBERHARD, 2012]. Die Schmerzintensität wird optisch ohne vorgegebene graduelle Einteilung dargestellt. Dieses weit verbreitete Instrument ist prinzipiell einfach und ihre Ergebnisse sind reproduzierbar. Zu den Vorteilen der VAS gehört ebenfalls die Sprachunabhängigkeit, so ist sie auch bei älteren und desorientierten Patienten anwendbar [VAN AKEN, 2014]. Es handelt sich bei VAS-Score um einen 10 cm langen Balken, an dem der Anfangspunkt für „kein Schmerz“ und der Endpunkt für „stärksten vorstellbaren Schmerz“ stehen. Der Patient kann selbst seinen subjektiv empfunden Schmerz einordnen, indem er ihn auf der Linie markiert. Mit einem Lineal wird der markierte Abstand abgemessen. [GALLACCHI, 2005]

#### 4.2.4 Radiologische Auswertung

Es wurde keine aktuelle Röntgenuntersuchung veranlasst. Zur Überprüfung des Erfolgs der Operation beziehungsweise der konservativen Therapie wurden die unmittelbar nach dem Trauma aufgenommenen Röntgenbildern mit postoperativen Bildern und Bilder, die bei der Verlaufskontrolle der konservativen Therapie erfasst wurden, verglichen.

Die Röntgenverlaufskontrolle der operativ versorgten Patienten erfolgte unmittelbar nach der Operation, der konservativ behandelten Patienten in 3 bis 4 Monate.

Dazu hat man die Veränderung der verschiedenen Parameter berücksichtigt, die den Status der Wirbel beschreiben, und die auf Erfolg der sowohl operativen als auch nichtoperativen Intervention hindeuten können. Die radiologischen Messparameter wurden an digitalen Röntgenbildern prä- und post- operativ und prä- und post- konservativ mit systemeigener Maßfunktion, nämlich mit Hilfe eines Softwareprogramms (medavis pacs), eingezeichnet und ausgemessen

Die Röntgenbefunde wurden in Zusammenarbeit mit dem Chefarzt und dem Oberarzt der unfallchirurgischen Abteilung des Caritas Krankenhauses Lebach bewertet. Das verwendete Röntgengerät war ein Siemens moltix fusion, das eine Strahlung zwischen 80 und 100 KV benutzt.

Die Abb. 4.2.4 - 1 und Abb. 4.2.4 - 2 zeigen präoperative- bzw. postoperative Röntgenaufnahmen des gleichen Wirbelsäulen-Segmentes.

Die Abb. 4.2.4 – 3 zeigt eine Wirbelkörperfraktur L1. Die Abb. 4.2.4 – 4 zeigt die gleiche Wirbelkörperfraktur während der Verlaufskontrolle nach 3 Monaten.

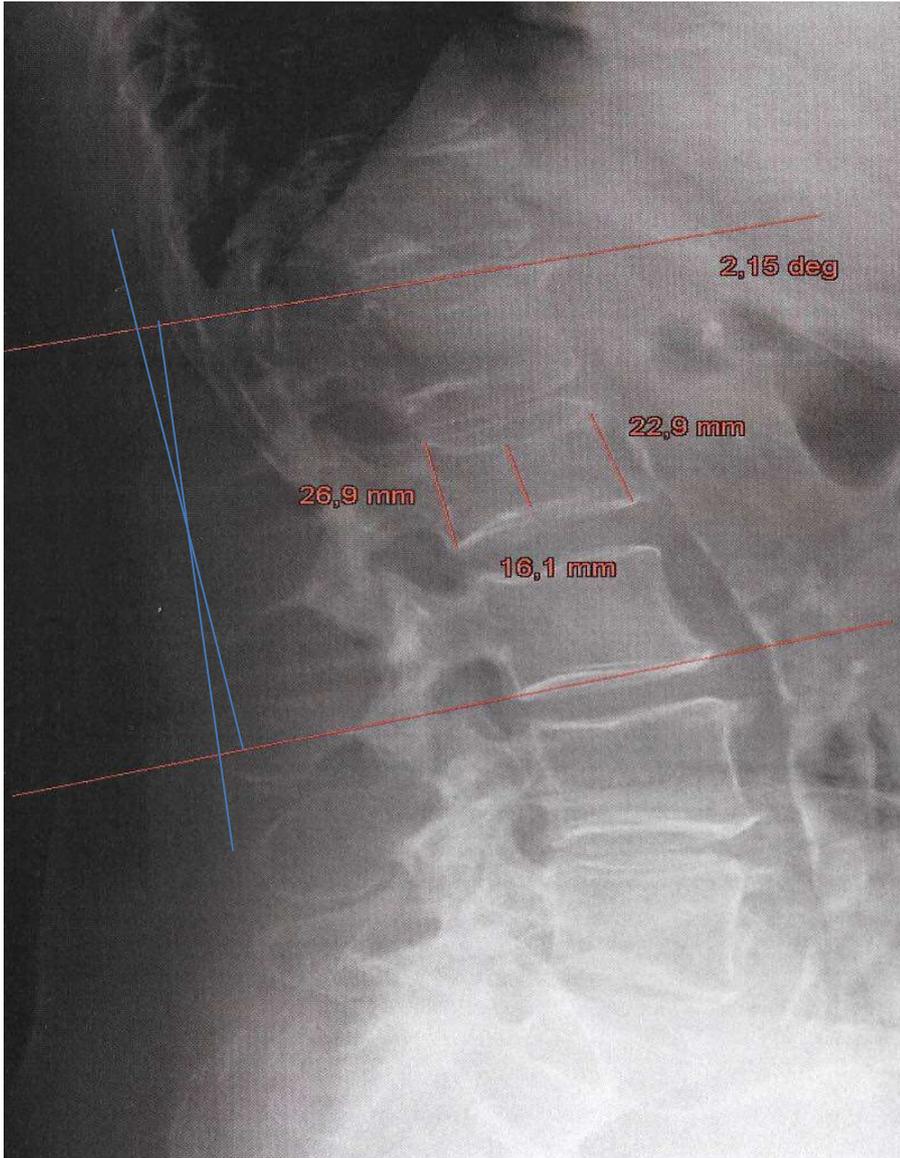


Abb. 4.2.4 - 1: Präoperative/Prätherapeutische Messung der Kyphosewinkel und Wirbelkörperhöhe

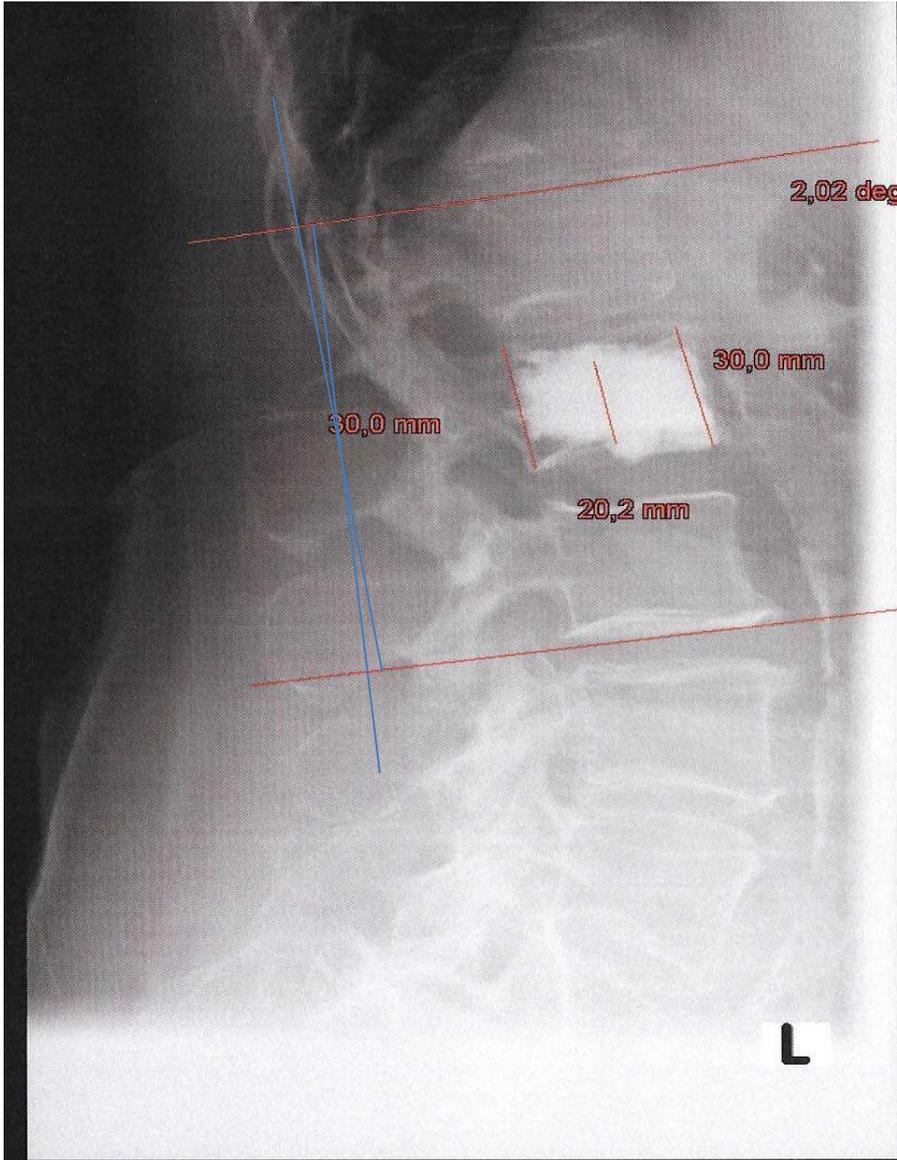
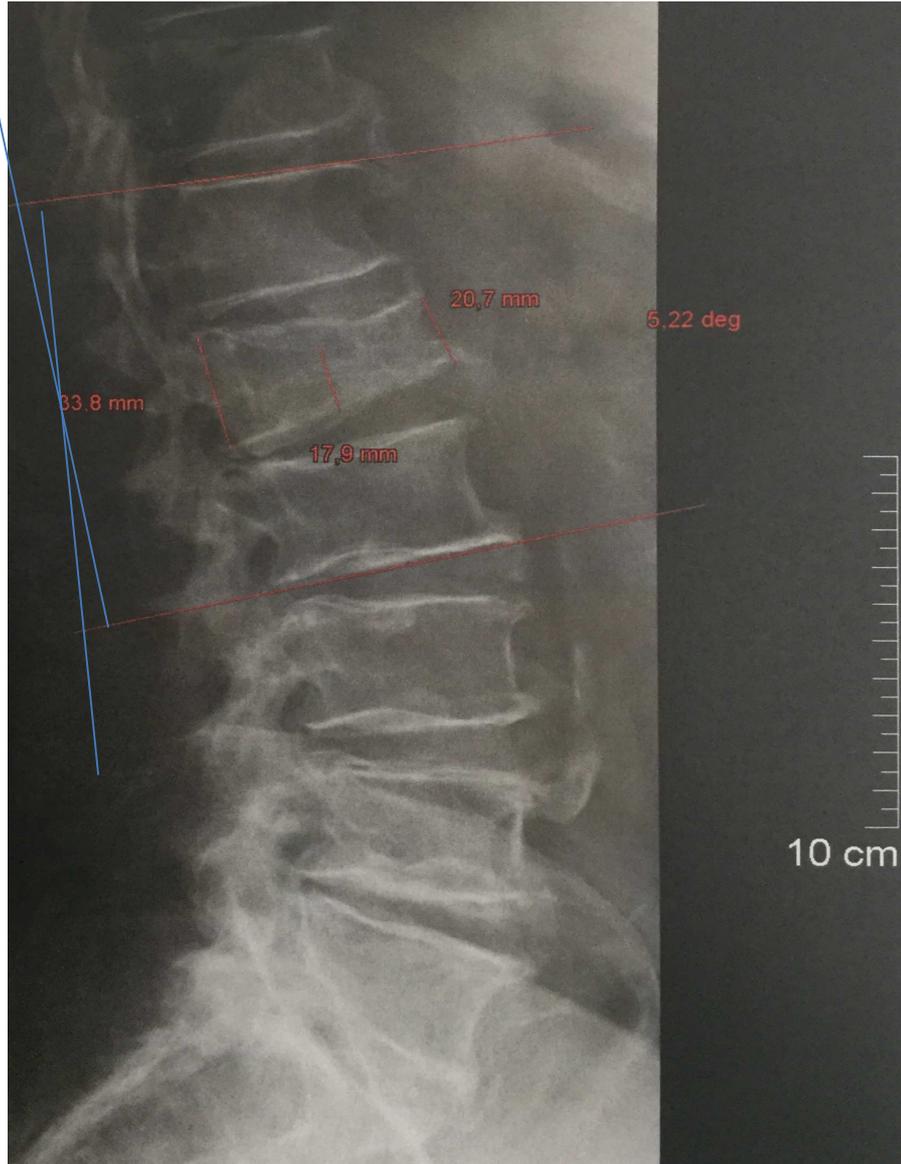


Abb. 4.2.4 - 2: Postoperative/Posttherapeutische Messung der Kyphosewinkel und Wirbelkörperhöhe



Abb. 4.2.4 - 3: Prätherapeutische Messung des Kyphosewinkels und Wirbelkörperhöhe in der KT-Gruppe



**Abb. 4.2.4 - 4: Posttherapeutische Messung des Kyphosewinkels und Wirbelkörperhöhe nach 3 Monaten in der KT-Gruppe**

Als Maßstab der Veränderung des Wirbelprofils dienten uns folgende Parameter:

#### 4.2.4.1 Kyphosewinkel

In diese Studie hat man den Kyphosewinkel in Anlehnung an die Methode nach Cobb erfasst. Der Kyphosewinkel nach Cobb, der sich von Deckplatte zur Grundplatte definierter Wirbelkörper bzw. Wirbelsäulensegmente messen lässt, drückt das Maß und die Stärke der Wirbelsäuleabweichungen in der Sagittalebene aus. In der Technik nach Cobb kann man den Grad der Kyphose und Lordose bestimmen. [NIETHARD und PFEIL, 2014].

Zwei Geraden werden an sog. Neutralwirbel (NW) angelegt, die eine entlang der Deckplatte des oberen NW und die andere an der Grundplatte des unteren NW. Die NW sind Wirbel, die ober- bzw. unterhalb der betroffenen Wirbel liegen, wo auf deren Niveau die Krümmung ihr Profil wechselt, mit anderen Worten sie begrenzen die Krümmung. Die beiden Geraden werden verlängert, bis sie aufeinander treffen. Dann wird der Winkel zwischen den beiden eingezeichneten Linien, also an dem Schnittpunkt beider Geraden, gemessen [HOHMANN, 2005; GRIFKA und KRÄMER, 2013].

Abb. 4.2.4.1 – 1 zeigt schematisch, wie der Kyphosewinkel an Anlehnung an Cobb bestimmt werden kann [GRIFKA und KUSTER, 2011]

Durch die roten eingezeichneten Geraden, die direkt an den NW grenzen, sind die NW von frakturierten WK deutlich zu unterscheiden. Grenzen zwei frakturierte WK direkt aneinander, erfolgt die Auswahl der NW wie auf Abb. 4.2.4.1 - 2 zu erkennen ist.

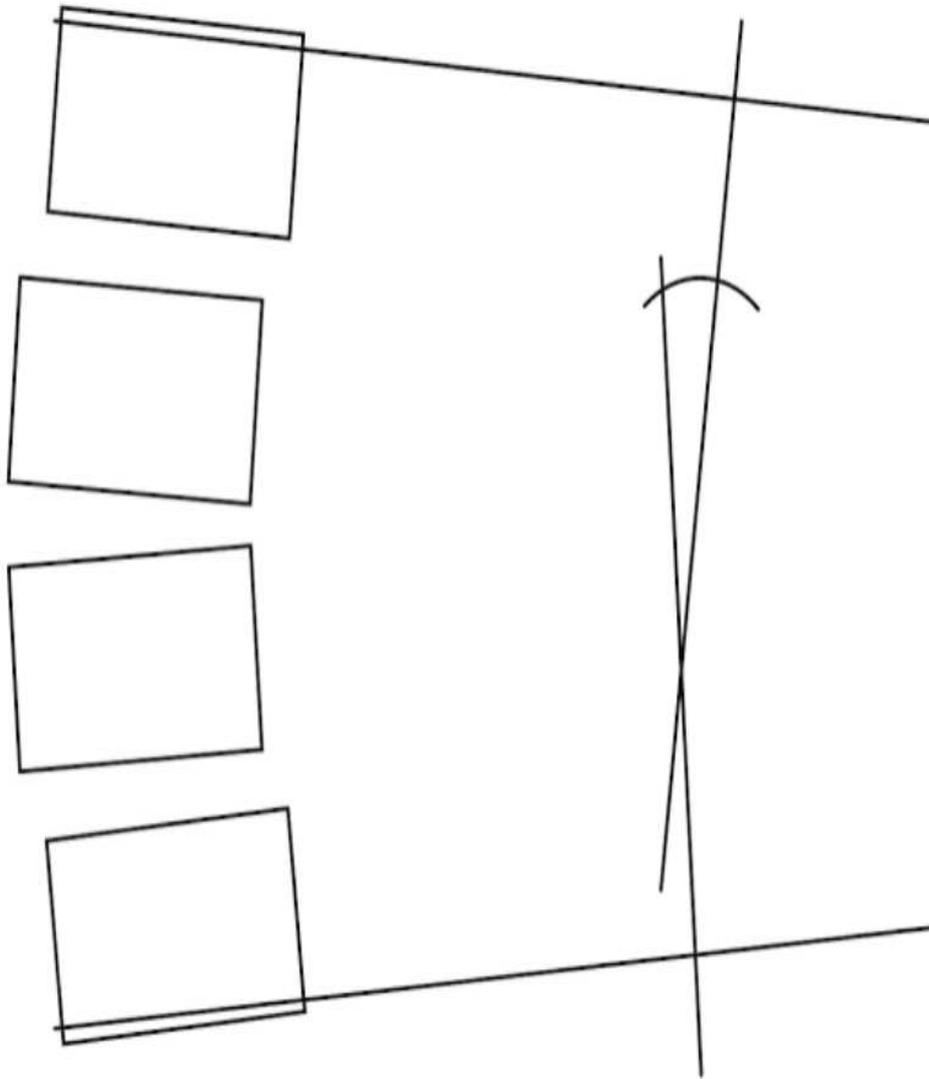


Abb.4.2.4.1 – 1: Bestimmung von Kyphosewinkel an Anlehnung an Cobb.

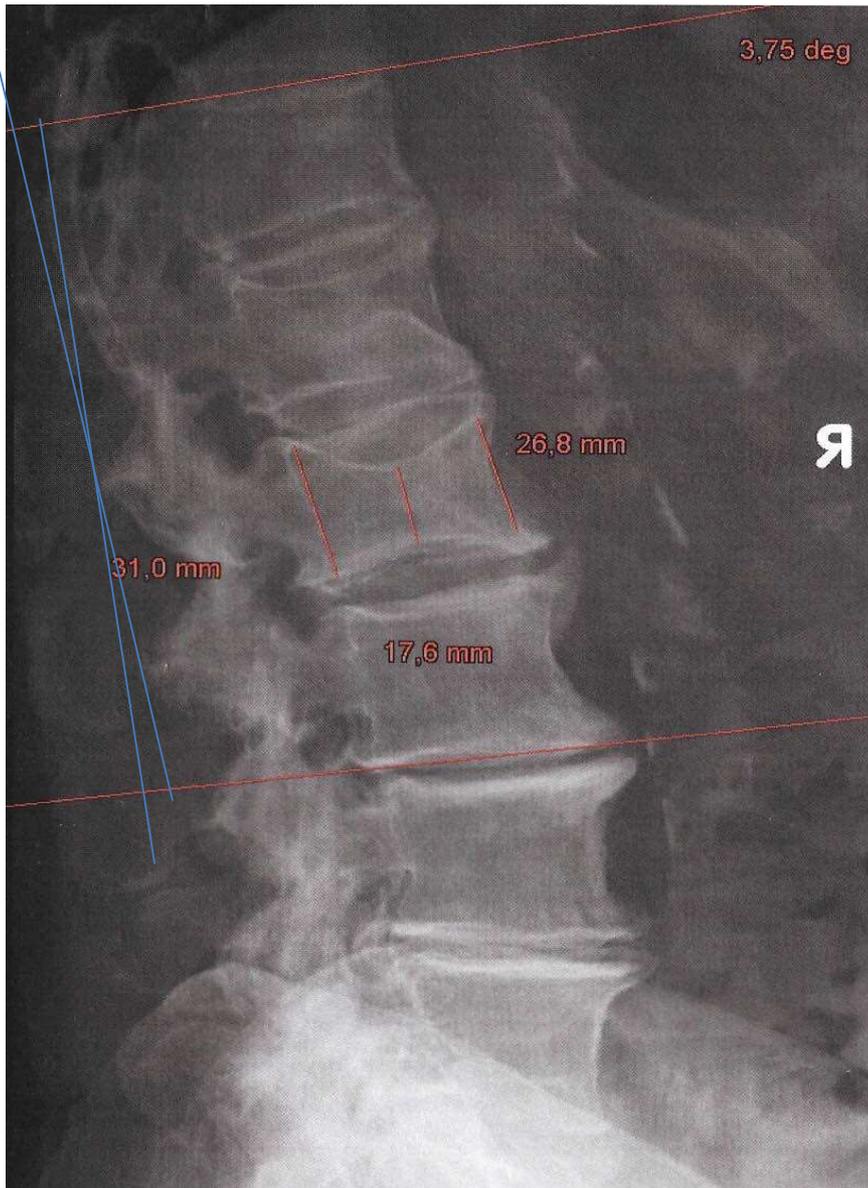


Abb. 4.2.4.1 - 2: Auswahl der Neutralwirbeln zur Messung der Kyphosewinkel bei zwei benachbarten frakturierten Wirbel und Messtechnik zur Bestimmung der Wirbelkörperhöhe.

#### **4.2.4.2 Wirbelkörperhöhe**

In der seitlichen Röntgenaufnahme wurden anteriore, intermediäre und posteriore Wirbelkörperhöhen prä- und postoperativ ermittelt. Das entspricht dem Abstand zwischen den kranialen und kaudalen Wirbeldeckplatten. Anhand der Abb. 4.2.4 - 2 wird das Messverfahren deutlich. Die drei roten sagittalen Linien markieren die oben genannten Wirbelkörperhöhen. Die Linien ziehen von der Deckplatte zur Grundplatte des frakturierten Wirbels.

## 5 Statistik

Das Datenmaterial wurde mit Excel 2010 verwaltet. Die deskriptive statistische Auswertung des Datenmaterials wurde in Anlehnung an das Programm SPSS Statistics 23 (unter der Beratung vom Herrn Jakob Schöpe, wissenschaftlicher Mitarbeiter des Instituts der Biometrie im Uniklinikum des Saarlandes) durchgeführt.

Herangezogen wurden diverse Maß- und Schätzgrößen (Mittelwert, Standardabweichung und Konfidenzintervall) zur deskriptiven Darstellung.

Um einen Vergleich zu ziehen, werden die Beobachtungsscores und die Merkmale auf Normalverteilung überprüft. Zur Überprüfung der Normalverteilungsannahme innerhalb einer Gruppe und der grafischen Darstellung der Verteilung eines Merkmales wurden Box-plots verwendet.

Die qualitativen Daten wurden über den Chi-Quadrat-Test getestet. Die normalverteilten quantitativen Daten werden anhand eines T-Test für zwei unabhängige Stichproben auf statistisch signifikante Unterschiede getestet. Nicht normalverteilte quantitative Werte wurden durch den Mann-Whitney-U-Test für zwei unabhängigen Stichproben oder durch den Wilcoxon-Test für zwei verbundenen Stichproben auf ihre Signifikanz getestet. Das Signifikanzniveau wurde auf 5% ( $p < 0,05$ ) festgelegt [HEDDERICH und SACHS, 2016].

## 6 Ergebnisse

Es wurden 41 Patienten in die Studie aufgenommen. Das Durchschnittsalter betrug  $64,1 \pm 14,4$  [Jahre].

In Tabelle 6 - 1 wird die Gegenüberstellung der Ausgangsbefunde zum Vergleich der Behandlung durch die Ballonkyphoplastie und der konservativen Behandlung angezeigt.

Tab. 6 - 1: Angaben zum Ausgangsbefund beider Gruppen

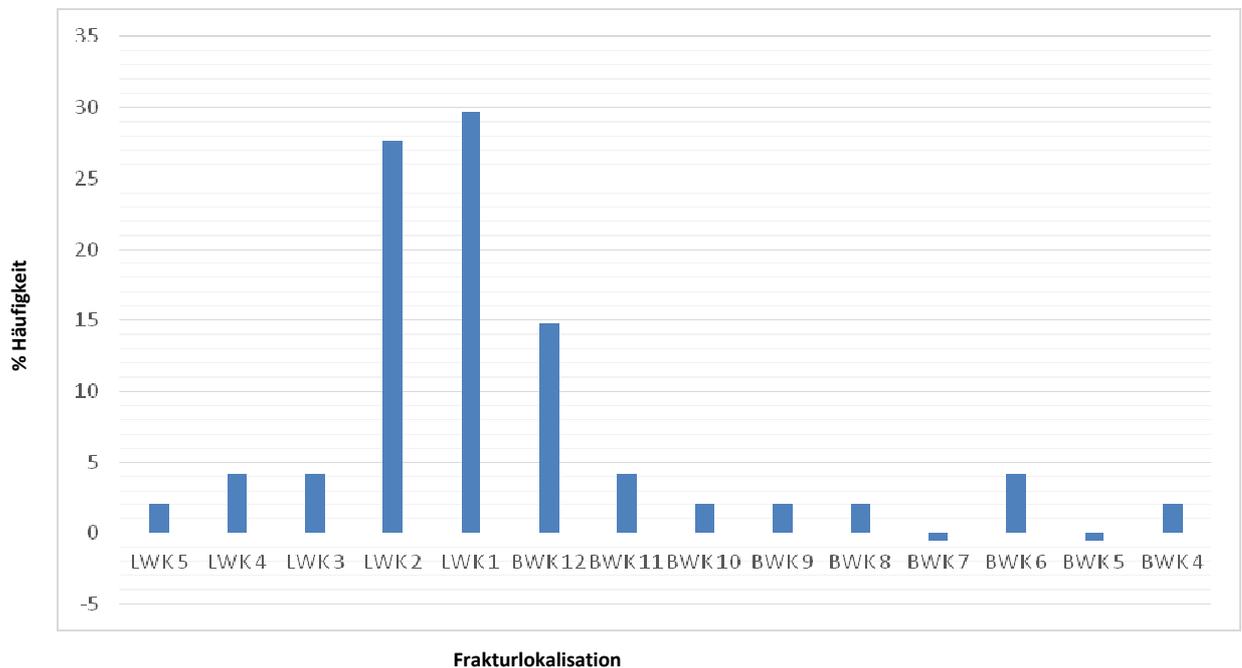
Ausgangsbefund	BKP	KT	p
Patienten (n)	21	20	
Geschlechtsverteilung n (%)			0,019
weiblich	16 (76,2%)	8 (40%)	
männlich	5 (23,8%)	12 (60%)	
Mittelwert des Alters [Jahre]	66,6	61,4	0,254

Bezüglich der Altersverteilung der BKP- und KT-Gruppe hat sich keine Signifikanz ergeben ( $p = 0,254$ ), allerdings betrug die Differenz zwischen beiden Mittelwerten etwa 5 Jahre. Das Testen der Geschlechtsverteilung zwischen beiden Gruppen durch den Chi-Quadrat-Test hat eine statistische Signifikanz angezeigt ( $p = 0,019$ , weiblich (BKP) 76,2%, männlich (BKP) 23,8%).

Es wird insgesamt in der Studie der Erfolg der konservativen bzw. operativen Intervention an 47 Wirbel untersucht. In den meisten Fällen handelt sich um Wirbelkörperfrakturen im Bereich des thorako-lumbalen Übergangs.

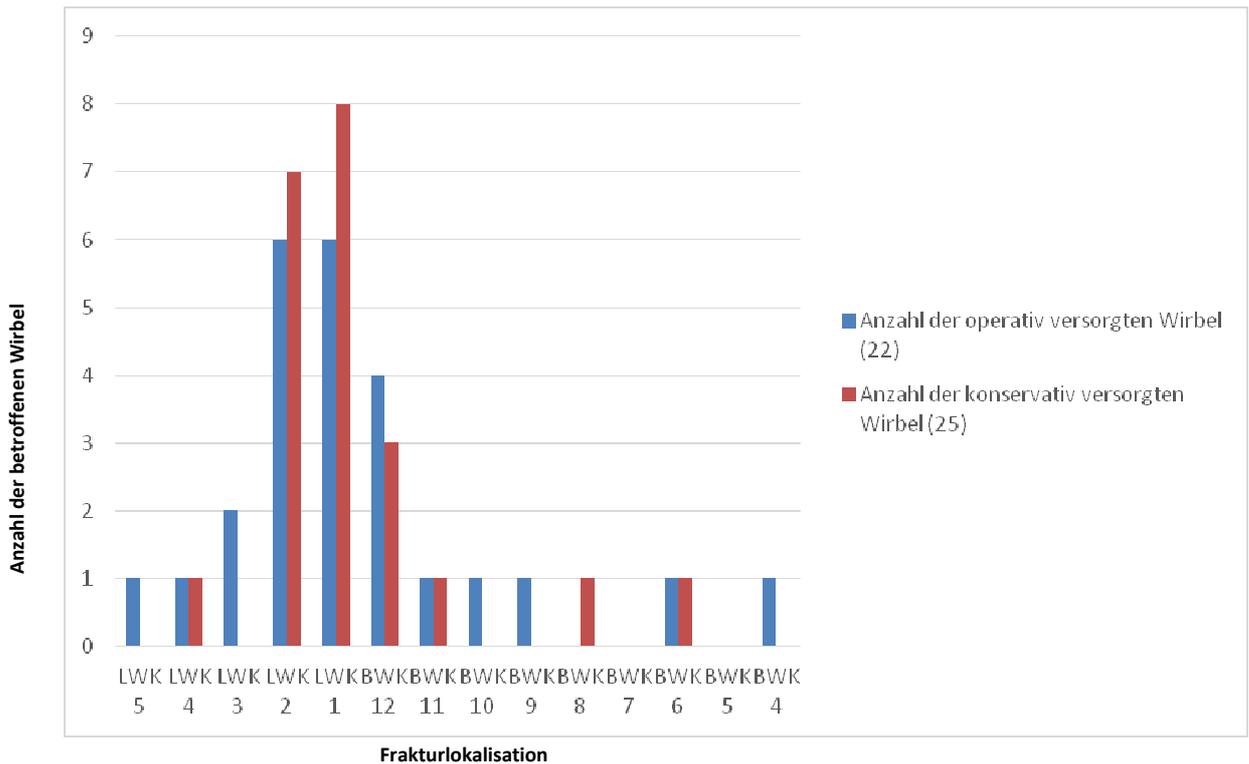
Die Frakturverteilung in Abhängigkeit von Lokalisation wird in Abb. 6 - 1 dargestellt. Die Beteiligung der Segmente LWK1 und LWK2 machen mehr als 50% aller Frakturen aus, rechnet man die Frakturen der BWK 12 hinzu, erhöht sich der beteiligte Anteil auf nahezu 80%.

Die Frakturverteilung lag in 14 Fällen (29,7%) bei LWK 1, in 13 Fällen (27,6%) bei LWK 2 und in 7 Fällen (14,8%) bei BWK 12.



**Abb. 6 - 1: Allgemeine Frakturverteilung in Prozent**

In Abb. 6 - 2 wurde die Frakturverteilung in Abhängigkeit von Lokalisation und Behandlungsprinzip angezeigt. Es wurden insgesamt 22 Wirbelbrüche operativ versorgt, weitere 25 konservativ behandelt. Sechs Patienten hatten in zwei Segmenten Wirbelkörperfrakturen.

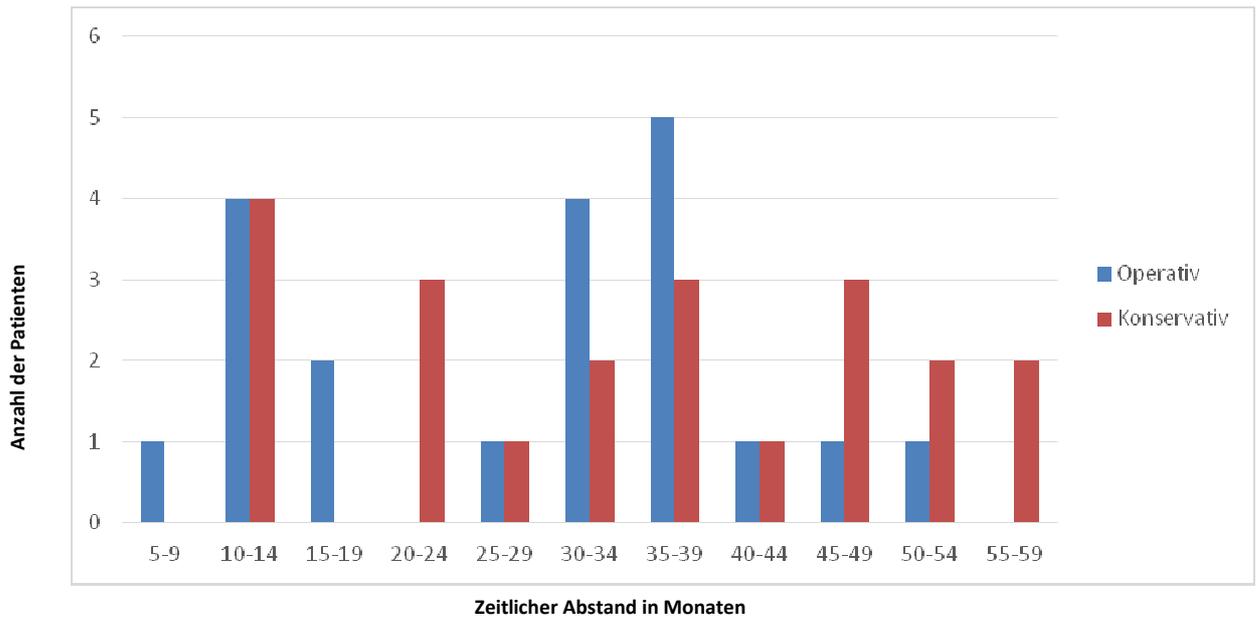


**Abb. 6 - 2: Frakturverteilung abhängig von der Versorgungsmethode**

Die Zeitspanne zwischen dem Abschluss der operativen bzw. konservativen Therapie und dem Untersuchungszeitpunkt wird in Abb. 6 - 3 gezeigt. Sie reicht von 6 bis 59 Monate.

Der jüngste Fall wurde vor etwa 6 Monaten operiert, der älteste unterzog sich vor 59 Monaten der konservativen Therapie.

Der stationäre Behandlungszeitraum der operativ und konservativ versorgten Patienten lag zwischen 3 bis 5 Tage.



**Abb. 6 - 3: Zeitlicher Abstand zwischen dem Abschluss der operativen bzw. konservativen Therapie und dem Untersuchungszeitpunkt**

Der Mittelwert zeitlichen Abstandes innerhalb der BKP-Gruppe betrug  $28,8(\pm 12,7)$  Monate, in der KT-Gruppe  $34,6(\pm 16)$ . Es wurde statistisch kein signifikanter Unterschied gezeigt ( $p = 0,235$ ).

## 6.1 ODI-Score

Bei der Auswertung der vorhandenen Werte zum ODI-Score anhand des Mann-Whitney-U-Tests wurde ein statistisch signifikanter Unterschied gefunden ( $p = 0,027$ ). Tab. 6.1 – 1 gibt weitere deskriptive Werte zum ODI an. Durch die Interpretation der Daten der ODI-Scores konnte man die Patienten entsprechend der körperlichen Beeinträchtigung verteilen.

In Tab. 6.1 – 2 wurden die Patienten entsprechend dem Grad der Beeinträchtigung in vier Gruppen verteilt. Kein Patient in beider Gruppe hat eine Punktzahl von mehr als 40.

Tab. 6.1 - 1: Deskriptive Werte zu ODI-Scores

ODI-Score	BKP	KT
$\bar{X}[\pm SD]$	12,9[ $\pm$ 12,3](%)	24,7[ $\pm$ 18,9](%)
Median(IQB)	0,1(0,3)	0,2(0,3)
p-Wert	0,027	

Tab. 6.1 - 2: Verteilung der Patienten nach dem Maß der Beeinträchtigung entsprechend dem ODI-Score

	<b>Minimale Behinderung</b>	<b>Mäßige Behinderung</b>	<b>Starke Behinderung</b>	<b>Invalidisierend</b>
<b>BKP</b>	15(71%)	6(29%)	0	0
<b>KT</b>	10(50%)	7(35%)	2(10%)	1(5%)

## 6.2 WOMAC-Score

Auf dem WOMAC-Score erreichte die BKP-Gruppe 29,6 Punkte, die KT Gruppe 58,1 Punkte. Hinsichtlich des Gesamtscores trat ein statistisch signifikanter Unterschied auf ( $p = 0,043$ ). Es wurde ebenfalls der Mittelwert der einzelnen Dimensionen der WOMAC-Score berechnet. Die Signifikanz in den einzelnen Dimensionen wurde mithilfe von Mann-Whitney-U-Test überprüft (siehe Tabelle 6.2-1).

In der Dimension der Funktion konnte eine statistische Signifikanz festgestellt werden ( $p = 0,033$ ), bezüglich der Dimension der Steifigkeit und der Schmerzen konnte keine Signifikanz nachgewiesen werden ( $p > 0,05$ ).

Tab. 6.2-1: Statistische Beschreibung beider Gruppen hinsichtlich der WOMAC-Score

WOMAC-Score	Schmerz	Steifigkeit	Funktion	Gesamt
<b>BKP</b>				
$\bar{X}[\pm SD]$	5,7[ $\pm$ 5,9]	3,7[ $\pm$ 3,9]	20,3[ $\pm$ 24,2]	29,7[ $\pm$ 32,3]
Median(IQB)	3(11)	2(7)	8(35)	14(48)
<b>KT</b>				
$\bar{X}[\pm SD]$	11,4[ $\pm$ 11,9]	5,9[ $\pm$ 4,6]	40,8[ $\pm$ 35]	58,1[ $\pm$ 48,4]
Median(IQB)	8(13)	5.5(8)	33.5(64)	48.5(84.3)
<b>p-Wert</b>	0,14	0,133	0,033	0,043

### 6.3 VAS-Score

Nach der subjektiven Selbsteinschätzung der Schmerzintensität haben 11 Patienten, die durch BKP behandelt wurden, angegeben, keinen Schmerz zu haben.

Während bei der BKP-Gruppe des VAS-Score bei 0,9 [ $\pm$  1,3] cm lag, betrug die VAS-Angaben der konservativ behandelten Patienten 2,9 [ $\pm$  2,1] cm. Der Mann-Whitney-U-Test hat einen statistischen signifikanten Unterschied zwischen beiden Gruppen bezüglich des VAS-Scores angezeigt (P =0,002) (Tabelle 6.3 – 1).

Tab. 6.3 - 1: Deskriptive Werte zu VAS-Scores

VAS-Score	BKP	KT
$\bar{X}[\pm SD]$ cm	0,9[ $\pm$ 1,3] cm	2,9[ $\pm$ 2,1] cm
Median(IQB)	0(1,9)	3.1(3.1)
p-Wert	0,002	

## 6.4 Radiomorphologische Veränderung

### 6.4.1 Kyphosewinkel

Schaut man sich die Mittelwerte in der BKP-Gruppe an, erkennt man eine Verbesserung um etwa 10%. In Tabelle 6.4.1 - 1 sind Werte zur Verdeutlichung der Veränderung der Kyphosewinkel aufgelistet. Jedoch konnte kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den prä- und postoperativ gemessenen Winkeln anhand des Wilcoxon-Tests nachgewiesen werden ( $p = 0,39$ ).

Vergleicht man in der KT-Gruppe den prätherapeutisch gemessenen Kyphosewinkel mit dem während der Verlaufskontrolle (3-4 Monate posttherapeutisch) erfassten Winkel, konnte bei fast allen konservativ behandelten Patienten eine deutliche Verschlechterung der Kyphosewinkel festgestellt werden. Diese Verschlechterung erwies sich als statistisch signifikant unterschiedlich anhand des Wilcoxon-Tests ( $p = 0,012$ ).

Im Mittel vergrößerte sich in der KT-Gruppe der Kyphosewinkel um 3,7 Grad. Der mittlere prätherapeutische Kyphosewinkel lag bei 7,9 [ $\pm 6,6$ ] Grad. Dieser Wert hat sich während der konservativen Therapie im Mittel um 47% auf 11,6 [ $\pm 6,9$ ] Grad verschlechtert.

Vergleicht man jedoch die beiden Gruppen, hinsichtlich der Veränderung der Kyphosewinkel, konnte mithilfe von Mann-Whitney-U-Test eine statistische Signifikanz nachgewiesen werden. ( $p = 0,01$ ), das heißt, dass Patienten wesentlich besser von der Ballonkyphoplastie als von der konservativen Therapie profitieren (siehe Tab. 6.4.1 - 2).

**Tab. 6.4.1 - 1: Die unmittelbar nach Trauma und nach Intervention bzw. während Verlaufs Kontrolle gemessene Kyphosewinkel**

Kyphosewinkel	BKP	KT
<b>Prätherapeutisch</b>		
<b>X[±SD]</b>	10,2[± 7,3]	7,9[± 6,6]
<b>Median(IQB)</b>	8,9(10,3)	8,5(11,3)
<b>Posttherapeutisch</b>		
<b>X[±SD]</b>	9,1[± 6,8]	11,6[± 6,9]
<b>Median(IQB)</b>	6(8,7)	10,6(10,2)
<b>p-Wert</b>	0,39	0,012

**Tab. 6.4.1 - 2: Signifikanter Unterschied der Kyphosewinkel**

Kyphosewinkel	BKP	KT
<b>p-Wert</b>	0,01	

## 6.4.2 Wirbelkörperhöhe

Die Tabelle 6.4.1 - 3 gibt einen Überblick über die radiologisch evaluierten Wirbelkörperhöhen sowohl präoperativ als auch postoperativ. Man konnte eine deutliche Verbesserung nach Ballonkyphoplastie feststellen. Die anteriore Wirbelkörperhöhe erfuhr eine Verbesserung um 27%. Die intermediäre Wirbelkörperhöhe stieg von 18,6[± 4,8]mm auf 24,9[± 5,1]mm, das heißt um 34%. Der posteriore Wirbelkörper erhöhte sich hingegen um 3,7 mm, also etwa um 13% der präoperativen Höhe.

Die Veränderung aller Wirbelkörperhöhen hat sich anhand des Wilcoxon-Tests als signifikant unterschiedlich erwiesen (siehe Tab. 6.4.1 - 2).

Tab. 6.4.1 -3: Veränderung der Wirbelkörperhöhe in BKP-Gruppe

BKP	anteriore Wirbelkörperhöhe	intermediäre Wirbelkörperhöhe	posteriore Wirbelkörperhöhe
<b>Präoperativ/Prätherapeutisch</b>			
<b>X[±SD]</b>	22,6[± 5,9]	18,6[± 4,8]	27,6[± 5,4]
<b>Median(IQB)</b>	23,9(8,5)	19(4,4)	29,1(9,7)
<b>postoperative/Posttherapeutisch</b>			
<b>X[±SD]</b>	28,9[± 5,9]	24,9[± 5,1]	31,3[± 5,4]
<b>Median(IQB)</b>	28,3(6)	23,4(6,4)	32,3(9,1)
<b>p-Wert</b>	< 0,001	0,001	0,003

Betrachtet man die Veränderung der Wirbelkörperhöhe bei der konservativen Therapie konnte kein Höhengewinn nachgewiesen werden, sondern hingegen eine Senkung der prätherapeutisch gemessenen Wirbelkörperhöhen aller Bereiche des Wirbels. Anhand des Wilcoxon-Tests konnte einen signifikanten unterschied gezeigt werden.

Tabelle 6.4.1 - 4 bietet eine Übersicht über die Veränderung der Wirbelkörperhöhe im Zuge der konservativen Therapie sowie die entsprechenden p-Werte.

**Tab. 6.4.1 - 4: Veränderung der Wirbelkörperhöhe in der Gruppe der konservativen Therapie**

<b>KT</b>	<b>anteriore Wirbelkörperhöhe</b>	<b>intermediäre Wirbelkörperhöhe</b>	<b>posteriore Wirbelkörperhöhe</b>
<b>Prätherapeutisch</b> — <b>X[±SD]</b>	23,1[± 7,2]	20,5[± 6,1]	30,5[± 5,4]
<b>Median(IQB)</b>	21(12,1)	20(8,8)	30,1(9,8)
<b>Posttherapeutisch</b> — <b>X[±SD]</b>	20,8[± 7,9]	18,9[± 6,6]	29,1[± 5,6]
<b>Median(IQB)</b>	20,3(10,7)	19,1(8,4)	28,4(8,8)
<b>p-Wert</b>	0,003	0,012	0.012

Vergleicht man die Veränderung der einzelnen Wirbelkörperhöhen zwischen BKP-Gruppe und KT-Gruppe, zeigt sich mithilfe von Mann-Whitney-U-Test einen signifikanten Unterschied ( $P_{\text{ant.}} < 0,001$ ,  $P_{\text{intermed.}} < 0,001$  und  $P_{\text{post.}} < 0,001$ ) (siehe Tab. 6.4.1 - 5).

**Tab. 6.4.1 - 5: Signifikanter Unterschied der Wirbelkörperhöhe**

<b>BKP/ KT</b>	<b>anteriore Wirbelkörperhöhe</b>	<b>intermediäre Wirbelkörperhöhe</b>	<b>posteriore Wirbelkörperhöhe</b>
<b>p-Wert</b>	<0,001	< 0,001	< 0,001

## 7 Diskussion

Bei allen 47 versorgten Wirbelkörperfrakturen handelt es sich um traumatische stabile Wirbelkörperfrakturen der Brust- und Lendenwirbelsäule. Diese Arbeit betrachtet die traumatische stabile Wirbelkörperfrakturen, also Frakturen ohne Beteiligung der Hinterkante.

Ziel dieser Arbeit ist herauszufinden, ob Unterschiede zwischen Ballonkyphoplastie und dem konservativen Ansatz hinsichtlich der körperliche Beeinträchtigung bzw. Aktivität sowie der Verbesserung des Schmerzempfindens und der Veränderung von radiomorphologischen Parameter existieren.

Ein Vorteil dieser Arbeit ist das Vorhandensein einer Kontrollgruppe aus konservativ therapierten Patienten. Das stellt einen Ausgangspunkt zur Beurteilung und Erfassung der Vor- und Nachteile der Ballon-Kyphoplastie gegenüber der konservativen Therapie dar.

Eine weitere Stärke dieser Arbeit war die Möglichkeit, die prä- und postoperativen Daten in der BKP-Gruppe bezüglich der radiomorphologischen Veränderungen zu vergleichen. So konnte man die daraus geschlossenen Ergebnisse mit anderen Studien vergleichen.

## 7.1 Oswestry Disability Index (ODI)

Die in dieser Studie zur Verfügung gestellten Werte bezüglich der Punktzahl der ODI- und WOMAC-Score gehen auf die einmalige Untersuchung zurück. Hohe Werte der ODI- und Womac-Score charakterisieren eine starke Einschränkung der körperlichen Leistungsfähigkeit.

Durch die fehlenden präoperativen ODI-Werte ist die Aussagekraft dieser Arbeit bezüglich der Verbesserung der Funktionsfähigkeit und Lebensaktivität als Folge der operativen Intervention eingeschränkt.

Eine 10-Jahres-Follow-up-Studie zeigte gute klinische Ergebnisse mit Verbesserung der postoperativen ODI-Werte. Diese Studie legte nahe, dass Ballonkyphoplastie als eine sinnvolle und effektive Option für die Behandlung traumatischer Wirbelkörperfrakturen ist [MAESTRETTI et al, 2014].

Chen Chen et al. [2016] berichteten, dass es postoperativ deutlich zur einer Verbesserung der ODI-Score kam, jedoch wurde eine Verschlechterung der anfänglichen Werte nach 6 Monaten nachgewiesen.

Der durchschnittliche Wert des ODI-Score in der vorliegenden Arbeit nach erfolgter Ballonkyphoplastie betrug 12,9 [ $\pm$  12,3](%). Hingegen liegt der Wert nach konservativer Therapie bei 24,7[ $\pm$  18,9](%).

Der hohe ODI-Wert von 24,7 % drückt aus, dass die Patienten sogar nach konservativer Therapie durch die starke Rückenschmerzen in ihrem täglichen Leben deutlich mehr beeinträchtigt als in der BKP-Gruppe sind.

Durch Verbesserung der Funktionsfähigkeit und Verringerung der Beeinträchtigung im alltäglichen Leben sichert die Ballonkyphoplastie

eine schnellere Rückkehr in das häusliche Umfeld und das soziale Leben [FALCO et al ,2014].

In einer Studie von Zapałowicz et al. [2015] wurde von einer Verbesserung des ODI-Werts von 50% präoperativ zu Postoperativen ODI-Werte zwischen 21% und 10% berichtet.

Lee et al. [2012] berichteten in einer prospektiven Studie aus 2012, dass initial ein deutlicher Unterschied bezüglich der körperlichen Beeinträchtigung zwischen beiden Therapieansätze zu finden ist, dieser aber sich im Verlauf der Zeit verkleinert.

## 7.2 Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index (WOMAC)

Wie schon vorher erwähnt wurde, wurde die dreiteilige Womac-Score anfangs zur Erfassung des Beeinträchtigungsgrades der Lebensqualität und Behinderung der Alltagstauglichkeit nach einer Knie- und Hüftarthrose herangezogen, wird aber heutzutage auch zur Beurteilung des Ausmaßes der Einschränkung nach Wirbelfraktur verwendet.

Ein signifikanter Unterschied zwischen den hier diskutierten Therapiemethoden ist bereits gezeigt. So betrug der Gesamtwert in der BKP-Gruppe 29,66[± 32,37] Punkte, in der KT-Gruppe bei 58,1[± 48,43] Punkten.

Analysiert man die einzelnen Dimension, so erkennt man, dass die Funktions-Score für den größten Anteil der Veränderung des Gesamtscores verantwortlich ist. Betrachtet man die einzelnen Dimensionen dieses Scores, konnte nur im Funktions-Score ein Unterschied angezeigt werden ( $p = 0,033$ ). Somit unterstützt diese Aussage die durch ODI-Score ermittelten Ergebnisse bezüglich der körperlichen Beeinträchtigung.

Eine gesicherte Überlegenheit der Ballonkyphoplastie gegenüber konservativer Therapie bei traumatischen Frakturen älterer Patienten wurde in eine retrospektive Studie aus dem Jahr 2015 gezeigt. Die Studie, in der polytraumatische ältere Patienten involviert waren, berichtete von einem signifikanten Unterschied bezüglich der Verminderung der Komplikationsrate und Verkürzung des Krankenhausaufenthalts [YONGGANG et al, 2015].

### 7.3 Visuelle Analogskala (VAS)

Die vorliegende Studie wurde als vergleichende Untersuchung von einem bewährten Operationsverfahren und der konservativen Therapie durchgeführt, um eine Anzahl diverser Parameter und Score-Werte zu erarbeiten.

Zur Erfassung der Schmerzreduktion hat man den VAS-Score eingesetzt. Es ist von Belang, darauf hinzuweisen, dass die nennenswerte und effektive Linderung des subjektiven Schmerzempfindens einer der Hauptziele der Behandlung von traumatischen stabilen Wirbelkörperfrakturen mit Ballonkyphoplastie ist [BÖRM und MEYER, 2017].

Die in dieser Arbeit vorhandenen VAS-Werte stammen aus einer einmaligen Untersuchung der Patienten, das heißt, dass die erfasste VAS-Werte nur auf die postoperative und die abgeschlossene konservative Behandlung beschränkt ist.

Die durchschnittliche Mittelwert der VAS-Score betrug nach erfolgter Ballonkyphoplastie 0,93 [ $\pm$  1,34] cm, dies gilt als eine gut tolerable Schmerzintensität, die im Allgemeinen das Leben der Patienten nur wenig beeinträchtigt. Nach erfolgter konservativer Behandlung betrug die durchschnittliche Punktzahl der VAS-Score hingegen 2,92 [ $\pm$  2,12] cm.

Die statistische Auswertung erbrachte einen signifikanten Unterschied zwischen beiden Therapieansätze zugunsten der Ballonkyphoplastie.

In der Literatur wurden vergleichbare Ergebnisse beschrieben z. B in der Untersuchung von Schmelzer-Schmied et al. [2009] (eine prospektive Studie, die sich auf traumatischen Wirbelkörperfrakturen bezieht) konnte ein VAS-Wert von 1,88 in der BKP-Gruppe und von 2,2

in der Gruppe der konservativen Therapie 6 Monaten nach Therapien evaluiert werden.

In einer weiteren Studie von Meirhaeghe et al. [2012], die 300 Patienten umfasste, wurde der VAS-Wert mit 2,82 in BKP-Gruppe und 3,55 in der Gruppe der konservativen Therapie nach 24 Monaten gemessen.

Analog zur oben erwähnten Überlegenheit der Ballonkyphoplastie gegenüber der konservativen Therapie zeigte sich in einer prospektiven Studie von Komp et al. [2004], die sich mit der Fragestellung befasst, inwieweit die Ballonkyphoplastie der konservativen Therapie zur Behandlung von Kompressionsfrakturen des Typs A überlegen ist, zusammenfassend konnte eine statistische Signifikanz zugunsten der operativen Versorgung nachgewiesen werden.

Insofern spiegeln die VAS-Score Ergebnisse dieser Studie, die postoperativ erfasst worden sind, aus anderen Studien bekannte Ergebnisse wieder [FAICO et al, 2005; VOORMOLEN et al, 2006; COSTA et al, 2009; SCHMELZER-SCHMIED et al, 2009; MEIRHAEGHE et al, 2012].

## 7.4 Radiomorphologische Veränderung

### 7.4.1 Kyphosewinkel

Über die unterschiedlichen Studien hinsichtlich der Verringerung der Kyphosewinkel nach Ballonkyphoplastie, lässt sich zusammenfassend herausarbeiten, dass ein Vergleich der bisher publizierten Arbeiten schwierig ist, da in den jeweiligen Arbeiten meist unterschiedliche Parameter, Messverfahren und Kriterien eingesetzt wurden. In dieser Arbeit hat man den Kyphosewinkel in Anlehnung an Cobb bestimmt.

Laut Teyssédou et al. [2016] ist die Ballonkyphoplastie ein sinnvoller Therapieansatz zur Behandlung von traumatischen Wirbelkörperfrakturen. Die Arbeit berichtete von einer postoperativen Verbesserung des morphologischen Profils der Wirbelsäule.

Einen statistisch signifikanten Unterschied in dieser Arbeit zwischen den prä- und postoperativen Daten bezüglich der Kyphosewinkel konnte nicht nachgewiesen werden, jedoch eine tendenzielle Verbesserung um 10%, was etwa 1,08 Grad entspricht.

Diese Verbesserung des Kyphosewinkels liegt in der Tat unterhalb des Wertes, von denen andere Studien berichteten. So berichteten Voggenreiter et al. [2008] von einer durchschnittlichen Aufrichtung des Kyphosewinkels um 5,7 Grad.

Eine Verbesserung des Kyphosewinkels von  $12,8 \pm 5,0$  Grad präoperativ auf  $8,2 \pm 5,1$  Grad postoperativ wurde in einer 2-Jahr Follow-up-Studie beschrieben. Diese Studie betrachtet vor allem nicht-osteoporotische traumatische Frakturen [SAGET et al, 2014].

Eine geringe Verbesserung der Kyphosewinkel, die in der vorliegenden Arbeit gezeigt wurde, könnte erstens auf die geringere Anzahl der Patienten in BKP-Gruppe, zweitens darauf zurückzuführen sein, dass

bei der Messung von Kyphosewinkel in Vergleich zu Literatur ein differierendes Messverfahren zum Einsatz kam.

Eine Verschlechterung der Kyphosewinkel in der KT-Gruppe um 3,73 Grad, also um 47%, ist in dieser Arbeit nachgewiesen. Die Veränderung der Kyphosewinkel erwies sich als signifikant unterschiedlich. Eine Studie aus 2003 zeigte, dass die Kyphosierung der Wirbelsäule um 5,2 Grad gegenüber dem Trauma Zeitpunkt zugenommen hat. Zusätzlich zu dem Höhenverlust durch das Trauma Ereignis, ist mit einem Korrekturverlust während der konservativen Therapie zu rechnen [REINHOLD et al, 2003].

Die vergleichende Auswertung zur Veränderung der Kyphosewinkel in der vorliegenden Arbeit weist auf einen statistischen Unterschied zugunsten der BKP-Gruppe ( $p = 0,01$ ) hin. Lin C et al. [2011] kamen ebenfalls zu gleichen Ergebnissen jedoch betrachtete diese Studie osteoporotische Frakturen.

#### 7.4.2 Wirbelkörperhöhe

Die Ballonkyphoplastie ist eine Weiterentwicklung der Zement-Augmentationsverfahren. Durch das Einbringen von Ballon und Zement soll der frakturierte Wirbelkörper an Höhe gewinnen. In der vorliegenden Arbeit wurden die anteriore, intermediäre und posteriore Wirbelkörperhöhe beobachtet.

Postoperativ wurden Röntgenkontrollaufnahmen zur Beurteilung der Wirbelkörperaufrichtung und Kyphosewinkel angefertigt. Es konnten in Patientenkollektiven der BKP-Gruppe keine Anzeichen für einen Zementaustritt festgestellt werden.

In dieser Studie wurde eine signifikante Verbesserung der Wirbelkörperhöhe nachgewiesen. Die anteriore Wirbelkörperhöhe erfuhr eine Verbesserung um 27%.

In der Studie von Ledlie et al. [2003] wurde von einer Wirbelaufriechung von etwa 23% berichtet, das betrifft im spezifischen Fall die anteriore Wirbelkörperhöhe. Dies entspricht den in dieser Studie vorgestellten Ergebnissen.

Die intermediäre Wirbelkörperhöhe stieg von 18,55 mm auf 24,89 mm, das macht eine Verbesserung um 34% aus. Lieberman et al. [2001] berichteten von einer postoperativen Verbesserung der Wirbelkörperhöhe um 47% in 70% der operierten Patienten.

Die posteriore Wirbelkörperhöhe verbesserte sich hingegen um 3,71 mm, was einer Verbesserung um 13% entspricht.

Ondul et al. [2012] stellten eine Verbesserung der Wirbelkörperhöhen nach BKP von Trauma bedingten WKF fest. Sowohl die anteriore als auch Wirbelkörperhöhe verbessert sich um 43%. Die intermediäre Wirbelkörperhöhe nahm um 35 % zu . Diese Werte wurden unmittelbar

postoperativ erfasst und liegen jedoch oberhalb der in dieser Arbeit vorliegenden Ergebnisse.

Im Allgemein erwies sich die Veränderung der Wirbelkörperhöhe nach abgeschlossener Therapie in beider Gruppen als signifikant unterschiedlich.

Die Veränderung der anterioren, intermediären und posterioren Wirbelkörperhöhe zeigte sich beim Vergleich zwischen BKP-Gruppe und KT-Gruppe als signifikant unterschiedlich.

Im allgemein scheint die Ballonkyphoplastie laut der Ergebnisse dieser Arbeit ein sinnvolles Therapieverfahren zur Behandlung von traumatischen Wirbelfrakturen zu sein. Diese Meinung wird auch von de Falco et al. [2014] vertreten.

Die vorliegenden Ergebnisse weisen auf einen signifikanten Unterschied in Bezug auf Wirbelkörperhöhe zwischen beiden Gruppen hin, wenn auch die durchschnittliche Höhenzunahme gering ist. Von diesem Vorteil der Ballonkyphoplastie gegenüber der konservativen Therapie haben Schmelzer-Schmied et al. [2009] berichtet.

## 7.5 Limitationen

Zu den Limitationen dieser Studie zählt die unterschiedliche Geschlechtsverteilung zwischen der BKP- und der KT-Gruppe, die allerdings keinen Einfluss auf die Therapieentscheidung der Patienten zu haben scheint.

Ein weiterer limitierter Faktor ist die geringe Fallzahl in beiden Gruppen.

Aufgrund der geringen Anzahl vergleichbaren Studien ist die Interpretation der Ergebnisse der vorliegenden Arbeit schwierig.

Zudem ist es wichtig zu erwähnen, dass in dieser Arbeit die Kyphosewinkel durch die Methode nach Cobb gemessen, in vergleichbaren Studien andere Messmethoden eingesetzt wurden.

Durch die methodisch bedingten fehlenden prätherapeutischen Score-Werte (ODI-, WOMAC- und VAS) ist die Aussagekraft dieser Arbeit eingeschränkt.

## 8 Schlussfolgerungen der Arbeit

Aus den Ergebnissen des in dieser Studie untersuchten Patientengutes lässt sich schlussfolgern:

1-Die Ballonkyphoplastie hat sich gegenüber der konservativen Therapie als ein klinisch wirksames Verfahren erwiesen. Eine deutliche Verbesserung der Funktionsfähigkeit und eine Reduktion der körperlichen Beeinträchtigung wurde belegt, diesbezüglich wurde ein statistischer Unterschied zwischen den beiden Behandlungsmethoden nachgewiesen.

2-Die Ballonkyphoplastie ist ebenfalls der konservativen Therapie hinsichtlich der Schmerzreduktion, die unmittelbar nach der Ballonkyphoplastie eintritt, überlegen.

3-Aus den retrospektiv erhobenen Daten ergibt sich ein deutlicher Unterschied zwischen den beiden Gruppen in Hinblick auf das radiomorphologische Profil der Wirbel.

4-Die Ballonkyphoplastie verbessert den Funktionszustand und vermindert der körperlichen Beeinträchtigung bei der Ausübung der Aktivitäten des täglichen Lebens.

5-Aufgrund der dargestellten Ergebnisse sehen wir in der Versorgung von stabilen traumatischen Wirbelkörperfrakturen durch Ballonkyphoplastie gegenüber der konservativen Therapie Vorteile.

## 9 Literaturverzeichnis

1. Ahrens M. Minimal invasive Wirbelsäulenintervention. Deutscher Ärzteverlag, Köln, Seiten 297-298 und Seiten 300-304, 2009
2. Authorsen SE. Orthopädie und orthopädische Chirurgie. Georg Thieme Verlag, Stuttgart, Seiten 495-497, 2004
3. Baraliakos X. Komplikationen in Orthopädie und Unfallchirurgie. Georg Thieme Verlag, Stuttgart, Seiten 455-458, 2010
4. Becker S, Ogon M. Ballonkyphoplastie. Springer-Verlag, New York, Seiten 73-77, 2006
5. Bohndorf K, Imhof H, Wörtler K. Radiologische Diagnostik der Knochen und Gelenke. Georg Thieme Verlag, Stuttgart, Seiten 80-82 und Seiten 392-394, 2013
6. Borgström F, Olafsson G, Ström O, Tillman JB, Wardlaw D, Boonen S, Miltenburger C. The impact of different health dimensions on overall quality of life related to kyphoplasty and non-surgical management. Osteoporos Int 24: 1991-9, 2013
7. Börm W. Spinale Neurochirurgie, operatives Management von Wirbelsäulenerkrankungen. Schattauer Verlag, Stuttgart, Seiten 179-183 und Seiten 382-385, 2009
8. Börm W und Meyer F. Wirbelsäule interdisziplinär: Operative und konservative Therapie. Schattauer Verlag, Stuttgart, Seite 573, 2017
9. Bouza C, López-Cuadrado T, Almendro N, Amate JM. Safety of balloon kyphoplasty in the treatment of osteoporotic vertebral compression fractures in Europe. a meta-analysis of randomized controlled trials. Eur Spine J. 24: 715-23, 2014

10. Bühren V, Josten C. Chirurgie der verletzten Wirbelsäule. Springer Verlag, Heidelberg, Seiten 120-122 und Seiten 123-134, 2012
11. Chen C. Safety and Efficacy Studies of Vertebroplasty, Kyphoplasty and Mesh-Container-Plasty for the Treatment of Vertebral Compression Fractures: Preliminary Report. PLoS One 10;11:e0151492, 2016
12. Costa F, Ortolina A, Cardia A, Sassi M. Efficacy of treatment with percutaneous vertebroplasty and kyphoplasty for traumatic fracture of thoracolumbar junction. J Neurosurg Sci. 53(1): 13, 2009
13. Deemter F. Rückentraining. Georg Thieme Verlag, Stuttgart, Seiten 38-39, 2012
14. Eberhard A. Lehrbuch der Palliativmedizin. Schattauer Verlag, Stuttgart, Seiten 160-161, 2012
15. Falco R de. Balloon kyphoplasty in traumatic fractures of the thoracolumbar junction. Preliminary experience in 12 cases. J Neurosurg Sci. 49(4):147-53, 2005
16. Falco R de, Bocchetti A. Balloon kyphoplasty for pure traumatic thoracolumbar fractures: retrospective analysis of 61 cases focusing on restoration of vertebral height. Eur Spine J. 6: 664-70, 2014
17. Fang XT, Yu F, Fu SL, Chen GQ, Yuan XM, Li HC, Zhang, Yu M, Yao Q, Ai D, Shen, Wu B. Clinical outcomes of percutaneous kyphoplasty under local anesthesia for osteoporotic vertebral compression fractures. Zhonghua Yi Xue Za Zhi. 93: 2654-8, 2013
18. Faßbender WJ. Osteoporose kompakt. leitlinienbasierte Prävention, Diagnostik und Therapie. Schattauer Verlag, Stuttgart, Seiten 84-91, 2008

19. Freyschmidt J. Skeletterkrankungen Klinisch-radiologische Diagnose und Differenzialdiagnose. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, Seiten 225-230, 2008
20. Friedrich H. C, Steude W. I. I. Ballonkyphoplastie führt zu einer bleibenden Schmerzlinderung jedoch nicht zur dauerhaften Aufrichtung osteoporotischer Wirbelkörperfrakturen. J. Zentralblatt für Neuro-Chirurgie, 2013
21. Gallacchi G. Schmerzkompendium: Schmerzen verstehen und behandeln. Georg Thieme Verlag, Stuttgart, Seiten 99-100, 2005
22. Gan M, Zou J, Zhu X, Wang G, Yang H. Balloon kyphoplasty for osteoporotic spinal fractures with middle column compromise. j. injury 45: 1539-44, 2014
23. Grifka J, Kuster M. Orthopädie und Unfallchirurgie . Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, Seite 288 und Seite 426, 2011
24. Grifka J, Krämer J. Orthopädie Unfallchirurgie. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, Seiten 201-208, 2013
25. Halle M. Sporttherapie in der Medizin: evidenzbasierte Prävention und Therapie. Schattauer Verlag, Stuttgart, Seiten 343-350, 2008
26. Haneline M. Evidence-Based Chiropractic Practice. Jones & Bartlett Learning, Sudbury Massachusetts, Seiten 329-330, 2006
27. Hedderich J, Sachs L. Angewandte Statistik. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 2016
28. Henkel R. Unfallchirurgie. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, Seiten 568-569, 2006

29. Hohmann D. Orthopädische Technik. Georg Thieme Verlag, Stuttgart, Seiten 307-308, 2005
30. Huang TJ, Kou YH, Yin XF1, Xiong J, Zhang PX, Zhang DY, Fu ZG, Xue F, Jiang BG. Clinical characteristics and risk factors of newly developed vertebral fractures after vertebral augmentation. Beijing Da Xue Xue Bao 47: 237-41, 2015
31. Hübschle L, Borgström F, Olafsson G, Röder C, Moulin P, Popp AW, Külling F, Aghayev E. Real-life results of balloon kyphoplasty for vertebral compression fractures from the SWISSpine registry. Spine J 14: 2063-77, 2013
32. Imhof H. Wirbelsäule. Georg Thieme Verlag, Stuttgart, Seiten 42-44, 2006
33. Jerosch J, Steinleitner W. Minimal invasive Wirbelsäulen-Intervention. Deutscher Ärzteverlag, Köln, Seiten 297-308, 2009
34. Komp M, Ruetten S, Godolias G. Minimally-invasive therapy for functionally unstable osteoporotic vertebral fractures by means of kyphoplasty. J Miner Stoffwechs 11: 13–15, 2004
35. Krischak G. Traumatologie für Physiotherapeuten. Georg Thieme Verlag, Stuttgart, 2011
36. Krukemeyer MG, Möllenhoff G. Endoprothetik: Ein Leitfaden f. den Praktiker. Walter de Gruyter, Berlin, Seiten 5-6, 2013
37. Kun S, Yanj DZ. Prevention and treatment of bone cement-related complications in patients receiving percutaneous kyphoplasty. J Clin Exp Med. 8: 2371-7, 2015

38. Landham PR, Baker-Rand HL, Gilbert SJ, Pollintine P, Annesley-Williams DJ, Adams MA, Dolan P. Is kyphoplasty better than vertebroplasty at restoring form and function after severe vertebral wedge fractures (OVCFs). *Spine J* 15: 721-32, 2014
39. Ledlie JT, Renfro M. Balloon kyphoplasty one-year outcomes in vertebral body height restoration, chronic pain, and activity levels. *J Neurosurg* 98: 36-42, 2003
40. Lee HM, Park SY, Lee SH, Suh SW, Hong JY. Comparative analysis of clinical outcomes in patients with osteoporotic vertebral compression fractures (OVCFs). *Spine J* 12: 998-1005, 2012
41. Leisten E. Osteoporose Handeln bevor der Knochen bricht. books on demand, Norderstedt, Seiten 19-29 und Seiten 164-190, 2013
42. Lin C, Yu C, Chen L, Ke Z, Deng Z. Comparison of effectiveness between kyphoplasty and conservative treatment in treating osteoporotic vertebral fractures. *Zhongguo Xiu Fu Chong Jian Wai Ke Za Zhi* 25: 303-6, 2011
43. Maestretti G, Sutter P, Monnard E, Ciarpaglini R, Wahl P, Hoogewoud H, Gautier E. A prospective study of percutaneous balloon kyphoplasty with calcium phosphate cement in traumatic vertebral fractures. *Eur Spine J*. 23: 1354-60, 2014
44. Markmiller M. Percutaneous balloon kyphoplasty of malignant lesions of the spine. a prospective consecutive study in 115 patients. *Eur Spine J*. 24: 2165-72, 2015
45. Meirhaeghe Van J, Ranstam J, Bastian L, Boonen S. Balloon kyphoplasty in patients with osteoporotic vertebral compression fractures. *Expert Dev Med Devices* 9: 423-36, 2012

46. Movrin I. Adjacent level fracture after osteoporotic vertebral compression fracture a nonrandomized prospective study comparing balloon kyphoplasty with conservative therapy. *Wien Klin Wochenschr* 124: 304-11, 2012
47. Müller-Mai C, Ekkernkamp A. Frakturen Klassifikation und Behandlungsoptionen. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, Seiten 264-266, 2010
48. Müller-Mai C, Ekkernkamp A. Frakturen Klassifikation und Behandlungsoptionen. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, Seiten 284-291, 2011
49. Niemier K, Seidel W. Funktionelle Schmerztherapie des Bewegungssystems. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, Seiten 210-213, 2011
50. Niethard FU, Pfeil J. Duale Reihe Orthopädie und Unfallchirurgie. Georg Thieme Verlag, Stuttgart, Seiten 415-416, 2014
51. Ondul S, Durmus M. Minimally invasive stabilization of vertebral compression fractures using balloon kyphoplasty. *J Neurosurg Sci*. 56(4): 357-61, 2012
52. Orthopädisches Forschungsinstitut. Münsteraner Sachverständigen-Gespräche: Beurteilung und Begutachtung von Wirbelsäulenschäden. Springer-Verlag, Münster, Seiten 24-26, 2013
53. Proctor Ark R. Minimally Invasive Neurosurgery. Springer Science & Business Media, Totowa, New Jersey, Seiten 372-375, 2007
54. Prokop A, Dolezych R, Chmielnicki M. Kyphoplasty in the treatment of osteoporotic spine fractures - experience with 1069 cases. *Z Orthop Unfall* 152: 315-8, 2014

55. Reinhold M, Knop C, Lange U, Bastian L, Blauth M, Non-operative treatment of thoracolumbar spinal fractures. Long-term clinical results over 16 years. *Unfallchirurg*.106(7): 566-76, 2003
56. Saget M, Teyssedou S, Prebet R, Vendevre T, Gayet LE, Pries P. Acrylic kyphoplasty in recent nonosteoporotic fractures of the thoracolumbar junction: a prospective clinical and 3D radiologic study of 54 patients. *J Spinal Disord Tech*. 27(6): E226-33, 2014
57. Schmelzer-Schmied N, Cartens C, Meeder PJ, Dafonseca K. Comparison of kyphoplasty with use of a calcium phosphate cement and non-operative therapy in patients with traumatic non-osteoporotic vertebral fractures. *Eur Spine J*. 5: 624-9, 2009
58. Shimokawa N, Junya A, Hidetoshi S. Image-guided Spine Stabilization for Traumatic or Osteoporotic Spine Injury: Radiological Accuracy and Neurological Outcome. *Neurol Med Chi*. 56: 493–500, 2016
59. Spross C, Aghayev E, Kocher R, Röder C, Forster T, Kuelling FA. Incidence and risk factors for early adjacent vertebral fractures after balloon kyphoplasty for osteoporotic fractures. *Eur Spine J*. 23: 1332-8, 2014
60. Stannard JP, Schmidt AH, Kregor PJ. *Spezielle Unfallchirurgie*. Georg Thieme Verlag, New York, Stuttgart, Seiten 183-186, 2011
61. Stein V, Greitemann B. *Rehabilitation in Orthopädie und Unfallchirurgie*. Springer Verlag, Heidelberg, Seiten 380-381, 2015
62. Teyssedou S, Saget M, Gayrt LE, Pries P, Breque C, Vendevre T. Radiologic study of disc behavior following compression fracture of the thoracolumbar hinge managed by kyphoplasty: A 52-case series. *Orthop Traumatol Surg Res*.102: 61-5, 2016

63. Tran I, Gerckens U, Remig J, Zintl G, Textor J. First report of a life-threatening cardiac complication after percutaneous balloon kyphoplasty. *Spine (Phila Pa 1976)* 38: E316-8, 2013
64. Van A Hugo K. *Intensivmedizin*. Georg Thieme Verlag, Stuttgart, Seiten 369-371, 2014
65. Voggenreiter G, Brocker K, Röhl B, Sadick M, Obertacke U. Results of balloon kyphoplasty in the treatment of osteoporotic vertebral compression fractures. *Unfallchirurg* 111: 403-12, 2008
66. Voormolen M, Lohle P, Juttman J, van der Graaf Y, Fransen H, Lampmann L. The risk of new osteoporotic vertebral compression fractures in the year after percutaneous vertebroplasty. *J Vasc Interv Radiol* 17: 71-76, 2006
67. Weigel B, Nerlich ML. *Praxisbuch Unfallchirurgie*. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, Seiten 203-205 und Seiten 226-228, 2011
68. Wu Y, Wang F, Zhou JQ, Liu CY, Wu RX. Analysis of clinical effects of percutaneous vertebroplasty and percutaneous kyphoplasty in treating osteoporotic vertebral compression fracture. *Zhongguo Gu Shang* 21: 1844-59, 2014
69. Xiao H, Yang J, Feng X, Chen P, Li Y, Huang C, Liang Y, Chen H. Comparing complications of vertebroplasty and kyphoplasty for treating osteoporotic vertebral compression fractures. *Eur J Orthop Surg Traumatol* 1: S77-85, 2014
70. Yokoyama K, Kawanishi M, Yamada M, Tanaka H, Ito Y, Hirano M, Kuroiwa T. In not only vertebroplasty but also kyphoplasty, the resolution of vertebral deformities depends on vertebral mobility. *AJNR Am J Neuroradiol* 34: 1474-8, 2013

71. Yokoyama K, Kawanishi M, Yamada M, Tanaka H, Ito Y, Kawabata S, Kuroiwa T. Postoperative change in sagittal balance after Kyphoplasty for the treatment of osteoporotic vertebral compression fracture. *Eur Spine J.* 24: 744-9, 2014
72. Yonggang Li, Yong Hai, Liping Li, Yi Feng<sup>3</sup>, Mingbo Wang<sup>4</sup>. Guanglei Cao Early effects of vertebroplasty or kyphoplasty versus conservative treatment of vertebral compression fractures in elderly polytrauma patients. *Arch Orthop Trauma Surg* 135: 1633–1636, 2015
73. Yu CW, Hsieh MK, Chen LH, Niu CC, Fu TS, Lai PL, Chen WJ, Chen WC, Lu ML. Percutaneous balloon kyphoplasty for the treatment of vertebral compression fractures. *BMC Surg.* 14: 3, 2014
74. Zapalowicz K, Radek M. Percutaneous balloon kyphoplasty in the treatment of painful vertebral compression fractures. *Neurochir Pol.* 49: 11-5, 2015

## 10 Anhang

### 10.1 Untersuchungsbogen

#### 10.1.1 Oswestry Disability Index (ODI)

Abschnitt zu beantworten. Kreuzen Sie in jedem Abschnitt nur die Aussage an, die Sie heute am besten beschreibt.

##### **Abschnitt 1: Schmerzstärke**

- \_0 Ich habe momentan keine Schmerzen
- \_1 Die Schmerzen sind momentan sehr schwach
- \_2 Die Schmerzen sind momentan mäßig
- \_3 Die Schmerzen sind momentan ziemlich stark
- \_4 Die Schmerzen sind momentan sehr stark
- \_5 Die Schmerzen sind momentan so schlimm wie nur vorstellbar

##### **Abschnitt 2: Körperpflege (Waschen, Anziehen etc.)**

- \_0 Ich kann meine Körperpflege normal durchführen, ohne dass die Schmerzen dadurch stärker werden
- \_1 Ich kann meine Körperpflege normal durchführen, aber es ist schmerzhaft
- \_2 Meine Körperpflege durchzuführen ist schmerzhaft, und ich bin langsam und vorsichtig

\_3 Ich brauche bei der Körperpflege etwas Hilfe, bewältige das meiste aber selbst

\_4 Ich brauche täglich Hilfe bei den meisten Aspekten der Körperpflege

\_5 Ich kann mich nicht selbst anziehen, wasche mich mit Mühe und bleibe im Bett

### **Abschnitt 3: Heben**

\_0 Ich kann schwere Gegenstände heben, ohne dass die Schmerzen dadurch stärker werden

\_1 Ich kann schwere Gegenstände heben, aber die Schmerzen werden dadurch stärker

\_2 Schmerzen hindern mich daran, schwere Gegenstände vom Boden zu heben, aber es geht, wenn sie geeignet stehen (z.B. auf einem Tisch)

\_3 Schmerzen hindern mich daran, schwere Gegenstände zu heben, aber ich kann leichte bis mittelschwere Gegenstände heben, wenn sie geeignet stehen

\_4 Ich kann nur sehr leichte Gegenstände heben

\_5 Ich kann überhaupt nichts heben oder tragen

#### **Abschnitt 4: Gehen**

- \_0 Schmerzen hindern mich nicht daran, so weit zu gehen, wie ich möchte
- \_1 Schmerzen hindern mich daran, mehr als 1-2 km zu gehen
- \_2 Schmerzen hindern mich daran, mehr als 0.5 km zu gehen
- \_3 Schmerzen hindern mich daran, mehr als 100 m zu gehen
- \_4 Ich kann nur mit einem Stock oder Krücken gehen
- \_5 Ich bin die meiste Zeit im Bett und muss mich zur Toilette schleppen.

#### **Abschnitt 5: Sitzen**

- \_0 Ich kann auf jedem Stuhl so lange sitzen wie ich möchte
- \_1 Ich kann auf meinem Lieblingsstuhl so lange sitzen wie ich möchte
- \_2 Schmerzen hindern mich daran, länger als 1 Stunde zu sitzen
- \_3 Schmerzen hindern mich daran, länger als eine halbe Stunde zu sitzen
- \_4 Schmerzen hindern mich daran, länger als 10 Minuten zu sitzen
- \_5 Schmerzen hindern mich daran, überhaupt zu sitzen

### **Abschnitt 6: Stehen**

\_0 Ich kann so lange stehen wie ich möchte, ohne dass die Schmerzen dadurch stärker werden

\_1 Ich kann so lange stehen wie ich möchte, aber die Schmerzen werden dadurch stärker

\_2 Schmerzen hindern mich daran, länger als 1 Stunde zu stehen

\_3 Schmerzen hindern mich daran, länger als eine halbe Stunde zu stehen

\_4 Schmerzen hindern mich daran, länger als 10 Minuten zu stehen

\_5 Schmerzen hindern mich daran, überhaupt zu stehen

### **Abschnitt 7: Schlafen**

\_0 Mein Schlaf ist nie durch Schmerzen gestört

\_1 Mein Schlaf ist gelegentlich durch Schmerzen gestört

\_2 Ich schlafe auf Grund von Schmerzen weniger als 6 Stunden

\_3 Ich schlafe auf Grund von Schmerzen weniger als 4 Stunden

\_4 Ich schlafe auf Grund von Schmerzen weniger als 2 Stunden

\_5 Schmerzen hindern mich daran, überhaupt zu schlafen

### **Abschnitt 8: Sexualleben (falls zutreffend)**

\_0 Mein Sexualleben ist normal, und die Schmerzen werden dadurch nicht stärker

\_1 Mein Sexualleben ist normal, aber die Schmerzen werden dadurch stärker

\_2 Mein Sexualleben ist nahezu normal, aber sehr schmerzhaft

\_3 Mein Sexualleben ist durch Schmerzen stark eingeschränkt

\_4 Ich habe auf Grund von Schmerzen fast kein Sexualleben

\_5 Schmerzen verhindern jegliches Sexualleben

### **Abschnitt 9: Sozialleben**

\_0 Mein Sozialleben ist normal, und die Schmerzen werden dadurch nicht stärker

\_1 Mein Sozialleben ist normal, aber die Schmerzen werden dadurch stärker

\_2 Schmerzen haben keinen wesentlichen Einfluss auf mein Sozialleben, ausser dass sie meine eher aktiven Interessen, z.B. Sport einschränken

\_3 Schmerzen schränken mein Sozialleben ein, und ich gehe nicht mehr so oft aus

\_4 Schmerzen schränken mein Sozialleben auf mein Zuhause ein

\_5 Ich habe auf Grund von Schmerzen kein Sozialleben

## **Abschnitt 10: Reisen**

\_0 Ich kann überallhin reisen, und die Schmerzen werden dadurch nicht stärker

\_1 Ich kann überallhin reisen, aber die Schmerzen werden dadurch stärker

\_2 Trotz starker Schmerzen kann ich länger als 2 Stunden unterwegs sein

\_3 Ich kann auf Grund von Schmerzen höchstens 1 Stunde unterwegs sein

\_4 Ich kann auf Grund von Schmerzen nur kurze notwendige Fahrten unter 30 Minuten machen

\_5 Schmerzen hindern mich daran, Fahrten zu machen, ausser zur medizinischen Behandlung

## 10.1.2 Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index (WOMAC)

### 10.1.2.1 Schmerzfragen

Die folgenden Fragen beziehen sich auf die Stärke der Schmerzen, die Sie in den betroffenen Wirbelkörpern haben. Bitte geben Sie für jede Frage die Stärke der Schmerzen an, die Sie in den letzten 2 Tagen verspürt haben. (Bitte kreuzen Sie die zutreffenden Kästchen an.)

1.) Gehen auf ebenen Boden

keine Schmerzen  extreme Schmerzen

2.) Treppen hinauf- oder hinuntersteigen

keine Schmerzen  extreme Schmerzen

3.) Nachts im Bett

keine Schmerzen  extreme Schmerzen

4.) Sitzen oder Liegen

keine Schmerzen  extreme Schmerzen

5.) Aufrecht stehen

keine Schmerzen  extreme Schmerzen

### 10.1.2.2 Fragen zur Steifigkeit

Die folgenden Fragen beziehen sich auf die Steifigkeit (nicht die Schmerzen) Ihrer Wirbelsäule. Steifigkeit ist ein Gefühl von Einschränkung oder Langsamkeit in der Beweglichkeit, wenn Sie Ihre Gelenke bewegen. Bitte geben Sie für jede Frage die Steifigkeit an, die Sie in den letzten 2 Tagen verspürt haben. (Bitte kreuzen Sie die zutreffenden Kästchen an.)

1. Wie stark ist Ihre Steifigkeit gerade nach dem Erwachen am Morgen?

keine Schmerzen  extreme Schmerzen

2. Wie stark ist Ihre Steifigkeit nach dem Sitzen, Liegen oder Ausruhen im späteren Verlauf des Tages?

keine Schmerzen  extreme Schmerzen

### 10.1.2.3 Fragen zur körperlichen Tätigkeit

Die folgenden Fragen beziehen sich auf Ihre körperliche Tätigkeit. Damit ist Ihre Fähigkeit gemeint, sich im Alltag zu bewegen und sich um sich selbst zu kümmern. Bitte geben Sie für jede der folgenden Aktivitäten den Schwierigkeitsgrad an, den Sie in den letzten 2 Tagen wegen Beschwerden in Ihrer Wirbelsäule verspürt haben. (Bitte kreuzen Sie die zutreffenden Kästchen an.)

1. Treppen hinuntersteigen

keine Schmerzen  extreme Schmerzen

2. Treppen hinaufsteigen

keine Schmerzen  extreme Schmerzen

3. Aufstehen vom Sitzen

keine Schmerzen  extreme Schmerzen

4. Stehen

keine Schmerzen  extreme Schmerzen

5. Sich zum Boden bücken

keine Schmerzen  extreme Schmerzen

6. Gehen auf ebenem Boden

keine Schmerzen  extreme Schmerzen

7. Einsteigen ins Auto / Aussteigen aus dem Auto

keine Schmerzen  extreme Schmerzen

8. Einkaufen gehen

keine Schmerzen  extreme Schmerzen

9. Socken/Strümpfe anziehen

keine Schmerzen  extreme Schmerzen

10. Aufstehen vom Bett

keine Schmerzen  extreme Schmerzen

11. Socken/Strümpfe ausziehen

keine Schmerzen  extreme Schmerzen

12. Liegen im Bett

keine Schmerzen  extreme Schmerzen

13. Ins Bad(Badewanne) steigen / aus dem Bad(Badewanne) steigen

keine Schmerzen  extreme Schmerzen

14. Sitzen

keine Schmerzen 

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

 extreme Schmerzen

15. Sich auf die Toilette setzen / Aufstehen von der Toilette

keine Schmerzen 

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

 extreme Schmerzen

16. Anstrengende Hausarbeiten

keine Schmerzen 

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

 extreme Schmerzen

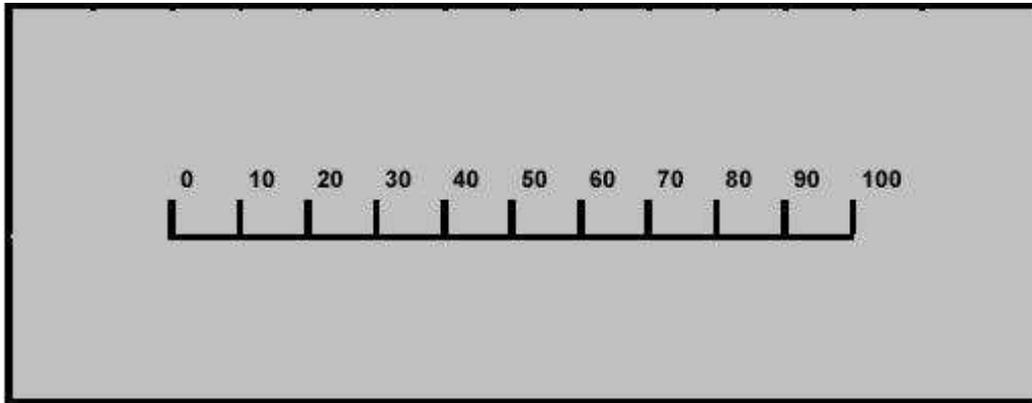
17. Leichte Hausarbeiten

keine Schmerzen 

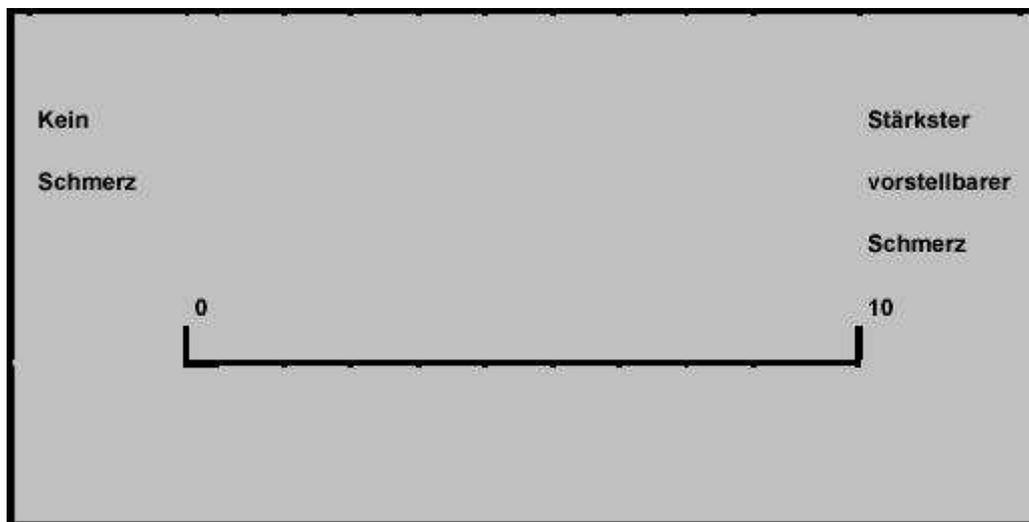
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

 extreme Schmerzen

### 10.1.3 Visuelle Analogskala (VAS)



Zum Untersucher gewendete Seite



Zum Patienten gewendete Seite

## 10.2 Statistische Analyse

### Deskriptive Statistik

	op/ko		Statistik	Standardfehler	
alter	konservativ	Mittelwert	61,40	3,851	
		95% Konfidenzintervall des Mittelwerts	Untergrenze	53,34	
			Obergrenze	69,46	
		5% getrimmtes Mittel	61,78		
		Median	62,00		
		Varianz	296,568		
		Standardabweichung	17,221		
		Minimum	30		
		Maximum	86		
		Spannweite	56		
		Interquartilbereich	31		
		Schiefe	-,308	,512	
		Kurtosis	-,958	,992	
	operativ	Mittelwert	66,57	2,357	
95% Konfidenzintervall des Mittelwerts		Untergrenze	61,65		
		Obergrenze	71,49		
5% getrimmtes Mittel		66,90			
Median		67,00			
Varianz		116,657			
Standardabweichung		10,801			
Minimum		45			

## T-Test

### Test bei unabhängigen Stichproben

	Levene-Test der Varianzgleichheit		T-Test für die Mittelwertgleichheit							
	F	Signifikanz	T	df	Sig. (2-seitig)	Mittlere Differenz	Standard Fehler der Differenz	95% Konfidenzintervall der Differenz		
								Untere		Obere
alter	Varianzen sind gleich	3,630	,064	-1,158	39	,254	-5,171	4,466	-14,205	3,862
	Varianzen sind nicht gleich			-1,145	31,679	,261	-5,171	4,515	-14,371	4,029

		Maximum	82	
		Spannweite	37	
		Interquartilbereich	19	
		Schiefe	-,323	,501
		Kurtosis	-,854	,972

### Gruppenstatistiken

	op/ko	N	Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes
alter	konservativ	20	61,40	17,221	3,851
	operativ	21	66,57	10,801	2,357

### Geschlecht \* op/ko Kreuztabelle

Anzahl

	op/ko	Gesamt		
	konservativ	operativ		
Geschlecht	weiblich	8	16	24
	männlich	12	5	17
Gesamt	20	21	41	

### Chi-Quadrat-Tests

	Wert	df	Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	Exakte Signifikanz (2-seitig)	Exakte Signifikanz (1-seitig)
Chi-Quadrat nach Pearson	5,528 <sup>a</sup>	1	,019		
Kontinuitätskorrektur <sup>b</sup>	4,137	1	,042		
Likelihood-Quotient	5,664	1	,017		
Exakter Test nach Fisher				,028	,020
Zusammenhang linear-mit-linear	5,393	1	,020		
Anzahl der gültigen Fälle	41				

a. 0 Zellen (,0%) haben eine erwartete Häufigkeit kleiner 5. Die minimale erwartete Häufigkeit ist 8,29.

b. Wird nur für eine 2x2-Tabelle berechnet

### Deskriptive Statistik

op/ko		Statistik		Standardfehler			
odi	konservativ	Mittelwert		,2479950	,04230166		
		95% Konfidenzintervall des Mittelwerts	Untergrenze	,1594566			
			Obergrenze	,3365334			
		5% getrimmtes Mittel		,2411056			
		Median		,2100000			
		Varianz		,036			
		Standardabweichung		,18917876			
		Minimum		,00000			
		Maximum		,62000			
		Spannweite		,62000			
		Interquartilbereich		,29500			
		Schiefe		,421	,512		
		Kurtosis		-,633	,992		
			operativ	Mittelwert		,1295990	,02700853
				95% Konfidenzintervall des Mittelwerts	Untergrenze	,0732602	
Obergrenze	,1859379						
5% getrimmtes Mittel				,1251286			
Median				,1000000			
Varianz				,015			
Standardabweichung				,12376865			
Minimum				,00000			
Maximum				,34000			

		Spannweite	,34000	
		Interquartilbereich	,25890	
		Schiefe	,634	,501
		Kurtosis	-1,126	,972

## Nicht parametrische Tests

### Hypothesentestübersicht

	Nullhypothese	Test	Sig.	Entscheidung
1	Die Mediane von odi sind über die Kategorien von op/ko identisch.	Mediantest bei unabhängigen Stichproben	,086	Nullhypothese beibehalten
2	Die Verteilung von odi ist über die Kategorien von op/ko identisch.	Mann-Whitney-U-Test bei unabhängigen Stichproben	,027	Nullhypothese ablehnen

Asymptotische Signifikanzen werden angezeigt. Das Signifikanzniveau ist ,05.

### Deskriptive Statistik

	op/ko		Statistik	Standardfehler	
vas	konservativ	Mittelwert	2,915	,4744	
		95% Konfidenzintervall des Mittelwerts	Untergrenze	1,922	
			Obergrenze	3,908	
		5% getrimmtes Mittel	2,839		
		Median	3,100		
		Varianz	4,500		
		Standardabweichung	2,1214		

		Minimum	,0	
		Maximum	7,2	
		Spannweite	7,2	
		Interquartilbereich	3,1	
		Schiefe	,173	,512
		Kurtosis	-,760	,992
	operativ	Mittelwert	,929	,2936
		95% Konfidenzintervall des Mittelwerts	Untergrenze	,316
			Obergrenze	1,541
		5% getrimmtes Mittel	,759	
		Median	,000	
		Varianz	1,810	
		Standardabweichung	1,3454	
		Minimum	,0	
		Maximum	5,0	
		Spannweite	5,0	
		Interquartilbereich	1,9	
		Schiefe	1,674	,501
		Kurtosis	2,870	,972

## Nicht parametrische Tests

### Hypothesentestübersicht

	Nullhypothese	Test	Sig.	Entscheidung
1	Die Mediane von was sind über die Kategorien von op/ko identisch.	Mediantest bei unabhängigen Stichproben	,019	Nullhypothese ablehnen
2	Die Verteilung von was ist über die Kategorien von op/ko identisch.	Mann-Whitney-U-Test bei unabhängigen Stichproben	,002	Nullhypothese ablehnen

Asymptotische Signifikanzen werden angezeigt. Das Signifikanzniveau ist ,05.

### Deskriptive Statistik

	op/ko	Statistik	Standardfehler		
womac sm	konservativ	Mittelwert	11,35	2,669	
		95% Konfidenzintervall des Mittelwerts	Untergrenze	5,76	
			Obergrenze	16,94	
		5% getrimmtes Mittel	10,33		
		Median	8,00		
		Varianz	142,450		
		Standardabweichung	11,935		
		Minimum	0		
		Maximum	41		
		Spannweite	41		
		Interquartilbereich	13		
		Schiefe	1,249	,512	

		Kurtosis		,840	,992
	Operativ	Mittelwert		5,67	1,297
		95% Konfidenzintervall des Mittelwerts	Untergrenze	2,96	
			Obergrenze	8,37	
		5% getrimmtes Mittel		5,35	
		Median		3,00	
		Varianz		35,333	
		Standardabweichung		5,944	
		Minimum		0	
		Maximum		17	
		Spannweite		17	
		Interquartilbereich		11	
		Schiefe		,577	,501
		Kurtosis		-1,196	,972
womac st		konservativ	Mittelwert		5,95
	95% Konfidenzintervall des Mittelwerts		Untergrenze	3,79	
			Obergrenze	8,11	
	5% getrimmtes Mittel		5,83		
	Median		5,50		
	Varianz		21,313		
	Standardabweichung		4,617		
	Minimum		0		
	Maximum		14		
	Spannweite		14		

		Interquartilbereich	8	
		Schiefe	,374	,512
		Kurtosis	-,916	,992
	operativ	Mittelwert	3,71	,848
		95% Konfidenzintervall des Mittelwerts	Untergrenze	1,94
			Obergrenze	5,48
		5% getrimmtes Mittel	3,36	
		Median	2,00	
		Varianz	15,114	
		Standardabweichung	3,888	
		Minimum	0	
		Maximum	14	
		Spannweite	14	
		Interquartilbereich	7	
		Schiefe	1,079	,501
		Kurtosis	,824	,972
womac fu	konservativ	Mittelwert	40,80	7,841
		95% Konfidenzintervall des Mittelwerts	Untergrenze	24,39
			Obergrenze	57,21
		5% getrimmtes Mittel	38,72	
		Median	33,50	
		Varianz	1229,537	
		Standardabweichung	35,065	
		Minimum	0	

		Maximum	119	
		Spannweite	119	
		Interquartilbereich	64	
		Schiefe	,722	,512
		Kurtosis	-,363	,992
	operativ	Mittelwert	20,29	5,286
		95% Konfidenzintervall des Mittelwerts	Untergrenze	9,26
			Obergrenze	31,31
		5% getrimmtes Mittel	18,02	
		Median	8,00	
		Varianz	586,714	
		Standardabweichung	24,222	
		Minimum	0	
		Maximum	82	
		Spannweite	82	
		Interquartilbereich	35	
		Schiefe	1,253	,501
		Kurtosis	,853	,972

## Nicht parametrische Tests

Hypothesentestübersicht

	Nullhypothese	Test	Sig.	Entscheidung
1	Die Verteilung von womac sm ist über die Kategorien von op/ko identisch.	Mann-Whitney-U-Test bei unabhängigen Stichproben	,140	Nullhypothese beibehalten

Asymptotische Signifikanzen werden angezeigt. Das Signifikanzniveau ist ,05.

Hypothesentestübersicht

	Nullhypothese	Test	Sig.	Entscheidung
1	Die Verteilung von womac st ist über die Kategorien von op/ko identisch.	Mann-Whitney-U-Test bei unabhängigen Stichproben	,133	Nullhypothese beibehalten

Asymptotische Signifikanzen werden angezeigt. Das Signifikanzniveau ist ,05.

### Hypothesentestübersicht

	Nullhypothese	Test	Sig.	Entscheidung
1	Die Verteilung von womac fu ist über die Kategorien von op/ko identisch.	Mann-Whitney-U-Test bei unabhängigen Stichproben	,033	Nullhypothese ablehnen

Asymptotische Signifikanzen werden angezeigt. Das Signifikanzniveau ist ,05.

### Deskriptive Statistik

	op/ko		Statistik	Standardfehler	
Womac gesamt	konservativ	Mittelwert	58,1000	10,83073	
		95% Konfidenzintervall des Mittelwerts	Untergrenze	35,4310	
			Obergrenze	80,7690	
		5% getrimmtes Mittel	55,3333		
		Median	48,5000		
		Varianz	2346,095		
		Standardabweichung	48,43650		
		Minimum	,00		
		Maximum	166,00		
		Spannweite	166,00		
		Interquartilbereich	84,25		
		Schiefe	,605	,512	
	Kurtosis	-,528	,992		
	operativ	Mittelwert	29,6667	7,06377	

	95% Konfidenzintervall des Mittelwerts	Untergrenze	14,9319	
		Obergrenze	44,4014	
	5% getrimmtes Mittel		27,0185	
	Median		14,0000	
	Varianz		1047,833	
	Standardabweichung		32,37025	
	Minimum		,00	
	Maximum		108,00	
	Spannweite		108,00	
	Interquartilbereich		48,00	
	Schiefe		1,031	,501
	Kurtosis		,153	,972

### Hypothesentestübersicht

	Nullhypothese	Test	Sig.	Entscheidung
1	Die Verteilung von womagesamt ist über die Kategorien von op/ko identisch.	Mann-Whitney-U-Test bei unabhängigen Stichproben	,043	Nullhypothese ablehnen

Asymptotische Signifikanz werden angezeigt. Das Signifikanzniveau ist ,05.

### Hypothesentestübersicht

	Nullhypothese	Test	Sig.	Entscheidung
1	Die Verteilung von kyphosewinkeldifferenz ist über die Kategorien von op/ko identisch.	Mann-Whitney-U-Test bei unabhängigen Stichproben	,010 <sup>1</sup>	Nullhypothese ablehnen

Asymptotische Signifikanz werden angezeigt. Das Signifikanzniveau ist ,05.

<sup>1</sup>Für diesen Test wird die exakte Signifikanz angezeigt.

### Hypothesentestübersicht

	Nullhypothese	Test	Sig.	Entscheidung
1	Die Verteilung von wordere ist über die Kategorien von bkp identisch.	Mann-Whitney-U-Test bei unabhängigen Stichproben	,001 <sup>1</sup>	Nullhypothese ablehnen

Asymptotische Signifikanz werden angezeigt. Das Signifikanzniveau ist ,05.

<sup>1</sup>Für diesen Test wird die exakte Signifikanz angezeigt.

### Hypothesentestübersicht

	Nullhypothese	Test	Sig.	Entscheidung
1	Die Verteilung von mittlere ist über die Kategorien von bkp identisch.	Mann-Whitney-U-Test bei unabhängigen Stichproben	,000 <sup>1</sup>	Nullhypothese ablehnen
2	Die Verteilung von hintere ist über die Kategorien von bkp identisch.	Mann-Whitney-U-Test bei unabhängigen Stichproben	,044 <sup>1</sup>	Nullhypothese ablehnen

Asymptotische Signifikanzen werden angezeigt. Das Signifikanzniveau ist ,05.

<sup>1</sup>Für diesen Test wird die exakte Signifikanz angezeigt.

### Deskriptive Statistik

	bkp		Statistik	Standardfehler	
vordere	peri	Mittelwert	22,642	1,3573	
		95% Konfidenzintervall des Mittelwerts	Untergrenze	19,790	
			Obergrenze	25,494	
		5% getrimmtes Mittel		22,819	
		Median		23,900	
		Varianz		35,004	
		Standardabweichung		5,9164	
		Minimum		8,4	
		Maximum		33,7	
		Spannweite		25,3	
		Interquartilbereich		8,5	
		Schiefe		-,599	,524
		Kurtosis		,699	1,014
		post	Mittelwert		28,855
	95% Konfidenzintervall des Mittelwerts		Untergrenze	26,097	
Obergrenze			31,613		
5% getrimmtes Mittel			28,583		
Median			28,300		
Varianz			34,734		
Standardabweichung			5,8936		
Minimum			17,5		
Maximum		45,1			

		Spannweite	27,6			
		Interquartilbereich	6,0			
		Schiefe	,787	,512		
		Kurtosis	2,191	,992		
mittlere	peri	Mittelwert	18,553	1,1079		
		95% Konfidenzintervall des Mittelwerts	Untergrenze	16,225		
			Obergrenze	20,880		
		5% getrimmtes Mittel	18,603			
		Median	19,000			
		Varianz	23,322			
		Standardabweichung	4,8292			
		Minimum	10,8			
		Maximum	25,4			
		Spannweite	14,6			
		Interquartilbereich	7,4			
		Schiefe	-,132	,524		
		Kurtosis	-1,044	1,014		
		post	post	Mittelwert	24,895	1,1347
				95% Konfidenzintervall des Mittelwerts	Untergrenze	22,520
Obergrenze	27,270					
5% getrimmtes Mittel	24,800					
Median	23,400					
Varianz	25,751					
Standardabweichung	5,0745					

		Minimum	15,3	
		Maximum	36,2	
		Spannweite	20,9	
		Interquartilbereich	6,4	
		Schiefe	,608	,512
		Kurtosis	,319	,992
hintere	peri	Mittelwert	27,568	1,2371
		95% Konfidenzintervall des Mittelwerts	Untergrenze	24,969
			Obergrenze	30,167
		5% getrimmtes Mittel	27,859	
		Median	29,100	
		Varianz	29,076	
		Standardabweichung	5,3922	
		Minimum	15,5	
		Maximum	34,4	
		Spannweite	18,9	
		Interquartilbereich	9,7	
		Schiefe	-,901	,524
		Kurtosis	-,013	1,014
	post	Mittelwert	31,270	1,2131
		95% Konfidenzintervall des Mittelwerts	Untergrenze	28,731
			Obergrenze	33,809
		5% getrimmtes Mittel	31,344	
		Median	32,350	

		Varianz	29,432	
		Standardabweichung	5,4251	
		Minimum	21,9	
		Maximum	39,3	
		Spannweite	17,4	
		Interquartilbereich	9,1	
		Schiefe	-,313	,512
		Kurtosis	-1,035	,992

### Deskriptive Statistik

	kt		Statistik	Standardfehler
vordere	post	Mittelwert	20,785	2,2181
		95% Konfidenzintervall des Mittelwerts	Untergrenze	15,952
			Obergrenze	25,617
		5% getrimmtes Mittel	20,850	
		Median	20,300	
		Varianz	63,958	
		Standardabweichung	7,9974	
		Minimum	6,1	
		Maximum	34,3	
		Spannweite	28,2	
		Interquartilbereich	10,7	
		Schiefe	,193	,616
		Kurtosis	,028	1,191

	peri	Mittelwert		23,071	1,9346
		95% Konfidenzintervall des Mittelwerts	Untergrenze	18,892	
			Obergrenze	27,251	
		5% getrimmtes Mittel		23,152	
		Median		21,000	
		Varianz		52,399	
		Standardabweichung		7,2387	
		Minimum		10,0	
		Maximum		34,7	
		Spannweite		24,7	
		Interquartilbereich		12,1	
		Schiefe		,181	,597
		Kurtosis		-,592	1,154
mittlere	post	Mittelwert		18,923	1,8419
		95% Konfidenzintervall des Mittelwerts	Untergrenze	14,910	
			Obergrenze	22,936	
		5% getrimmtes Mittel		19,098	
		Median		19,100	
		Varianz		44,102	
		Standardabweichung		6,6409	
		Minimum		5,5	
		Maximum		29,2	
		Spannweite		23,7	
		Interquartilbereich		8,4	

		Schiefe		-,390	,616
		Kurtosis		,193	1,191
	peri	Mittelwert		20,507	1,6321
		95% Konfidenzintervall des Mittelwerts	Untergrenze	16,981	
			Obergrenze	24,033	
		5% getrimmtes Mittel		20,680	
		Median		20,600	
		Varianz		37,293	
		Standardabweichung		6,1068	
		Minimum		8,7	
		Maximum		29,2	
		Spannweite		20,5	
		Interquartilbereich		8,8	
		Schiefe		-,432	,597
		Kurtosis		-,528	1,154
hintere	post	Mittelwert		29,092	1,5652
		95% Konfidenzintervall des Mittelwerts	Untergrenze	25,682	
			Obergrenze	32,503	
		5% getrimmtes Mittel		29,114	
		Median		28,400	
		Varianz		31,847	
		Standardabweichung		5,6434	
		Minimum		20,5	
		Maximum		37,3	

		Spannweite	16,8	
		Interquartilbereich	8,8	
		Schiefe	-,124	,616
		Kurtosis	-1,251	1,191
	peri	Mittelwert	30,457	1,4317
		95% Konfidenzintervall des Mittelwerts	Untergrenze	27,364
			Obergrenze	33,550
		5% getrimmtes Mittel	30,569	
		Median	30,150	
		Varianz	28,696	
		Standardabweichung	5,3569	
		Minimum	21,5	
		Maximum	37,4	
		Spannweite	15,9	
		Interquartilbereich	9,8	
		Schiefe	-,113	,597
		Kurtosis	-1,363	1,154

## 11 Danksagung

Ich möchte mich ganz besonders bei allen Personen bedanken, die mich unterstützt haben.

Herrn Priv.- Doz. Dr. med. J. Kelm danke ich ganz herzlich für die Überlassung des Themas, seine Ratschläge und Hilfestellung.

Herrn Chefarzt Priv.- Doz. Dr. med. W. Käfer danke ich besonders für die bereitwillige Unterstützung und Motivation.

Herrn Prof. Dr. med. vet. Dr. rer. nat. M. Hammadeh danke ich ebenfalls für seine Tipps und Betreuung der Studie.

Herrn Chefarzt Dr. med. M. Markenstein danke ich dafür, dass ich meine Studie in seiner Abteilung für Orthopädie und Unfallchirurgie Caritas Krankenhaus in Lebach durchführen durfte.

Frau K. Metzger danke ich für ihre geduldige und unermüdliche Unterstützung.

Meinem Vater Prof. Dr. Sulaiman Abuazab und meiner Familie, die mir während des gesamten Medizinstudiums geholfen haben.

## 12 Lebenslauf