

Aus dem Klinikum Sindelfingen – Böblingen
Akademisches Lehrkrankenhaus der Universität Tübingen
Klinik für Unfallchirurgie Sindelfingen

**Haben zementaugmentierte Fixateure interne der
Wirbelsäule eine höhere Ausrissfestigkeit, als nicht
zementaugmentierte Fixateure interne?**

Inaugural – Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Medizin

der Medizinischen Fakultät
der Eberhard Karls Universität
zu Tübingen

vorgelegt von

Sagerer, Manuela Maria

2016

Dekan: Professor Dr. med. Ingo B. Autenrieth

1. Berichterstatter: Professor Dr. med. Axel Prokop
2. Berichterstatter: Privatdozent Dr. med. Andreas Badke

Disputation am 09.12.2016

Meiner Mutter und meiner Schwester

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	1
1.1 osteoporotische Wirbelkörperfraktur.....	1
1.2 Klassifikation von Wirbelkörperfrakturen.....	2
1.2.1 AO – Klassifikation.....	2
1.2.2 osteoporotische Wirbelfrakturen (OF) Klassifikation.....	4
1.2.3 Wolter – Klassifikation.....	5
1.3 Therapie osteoporotischer Wirbelkörperfrakturen.....	6
1.4 Ziel der Studie.....	10
1.5 Fragestellung.....	11
2. Material und Methoden	12
2.1 Patientenkollektiv.....	12
2.2 Ein – und Ausschlusskriterien.....	13
2.3 Rekrutierung.....	14
2.4 Untersuchungsmethoden.....	14
2.4.1 Bestimmung des Cobb – Winkels.....	14
2.4.2 Ostwestry Disability Index (ODI).....	15
2.4.3 Visuella Analogskala (VAS).....	15
2.5 Datenerfassung und Datenauswertung.....	15
3. Ergebnisse	17
3.1 Ergebnisse Cobb – Winkel präoperativ und postoperativ.....	17
3.2 Ergebnisse Cobb – Winkel postoperativ und nach 6 Monaten.....	17
3.3 Ergebnisse Cobb – Winkel postoperativ und nach 6 Monaten mit Kyphoplastie.....	18
3.4 Ergebnisse bei Vergleich BWS und LWS.....	18
3.5 Geschlecht.....	19
3.6 Ostwestry Disability Index (ODI)	19
3.7 Visuelle Analogskala (VAS).....	20
3.8 Neurologie.....	22
3.9 Fallbeispiele.....	23

4. Diskussion	35
4.1.1 Patientenkollektiv.....	37
4.1.2 Klassifikation der Wirbelkörperfrakturen.....	38
4.2 Diskussion der Ergebnisse.....	41
4.2.1 postoperative Sinterung.....	41
4.2.2 Ostwestry Disability Index (ODI).....	45
4.2.3 Visuelle Analogskala (VAS).....	50
4.2.4 Kyphoplastie.....	52
4.2.5 Lokalisation.....	53
4.3. Methodenkritik.....	53
5. Zusammenfassung	56
6. Abbildungs – und Tabellenverzeichnis	58
7. Literaturverzeichnis	59
8. Erklärungen zum Eigenanteil	63
9. Veröffentlichungen	64
10. Abkürzungsverzeichnis	65
11. Anhang	66
12. Lebenslauf	71
13. Danksagung	72

1. Einleitung

1.1 osteoporotische Wirbelkörperfraktur

Wirbelkörperfrakturen stellen die häufigste Manifestation einer Osteoporose da (42).

Tritt aufgrund der Osteoporose ein Knochenverlust von ca. 40% auf, steigt das Risiko eine spontane Wirbelkörperfraktur ohne adäquates Trauma zu erleiden signifikant an. Neben einer erheblichen Einschränkung der Lebensqualität durch die frakturbedingten Schmerzen kommt es aufgrund der zunehmenden Sinterung zu einer veränderten Wirbelsäulenstatik, die mit weiteren Frakturen, Gibbusbildung, anhaltenden Schmerzen oder neurologischen Ausfällen einhergehen können (34).

Insgesamt erleiden pro Jahr in Deutschland ca. 225000 Patienten eine Wirbelkörperfraktur, das Risiko eine weitere Wirbelkörperfraktur zu erleiden steigt dabei auf das 5 – 25 fache an (1, 39).

Das Risiko in der verbleibenden Lebenszeit eine Wirbelfraktur zu erleiden liegt bei einer 50 jährigen Frau in Europa bereits bei 16% (13).

In Deutschland litten 2009 14% der über 50 jährigen an einer Osteoporose, das entspricht 6,3 Millionen Menschen, davon 5,2 Millionen Frauen, das Frakturrisiko lag bei über 50% (19).

Die World Health Organisation (WHO) hat im Jahr 1994 festgelegt, dass eine Osteoporose dann vorliegt, wenn die Knochendichte an der Lendenwirbelsäule oder dem proximalen Femur in der Dual-Röntgen-Absorptionmetrie-Messung (DXA – Messung) um 2,5 Standardabweichungen von dem Wert einer 20 – 29 jährigen Frau abweicht (9).

Liegt eine osteoporoseassoziierte Fraktur vor spricht man von einer manifesten Osteoporose.

1.2 Klassifikation von Wirbelkörperfrakturen

1.2.1 AO - Klassifikation

Die einfachste Einteilung von Wirbelkörperfrakturen besteht darin die Frakturen in stabile und instabile Frakturen einzuteilen.

Die, im klinischen Alltag gebräuchlichste, Einteilung von Wirbelkörperfrakturen ist die AO Klassifikation nach Magerl (26, 1994).

Hierbei werden drei Haupttypen unterschieden. Bei A – Frakturen handelt es sich um Kompressionsfrakturen, bei Typ B um Distraktionsfrakturen und bei Typ C um Rotationsfrakturen. Jede der drei Typen wird noch in weitere drei Untergruppen eingeteilt, die ebenfalls weiter eingeteilt werden können (Abb. 1, 26).

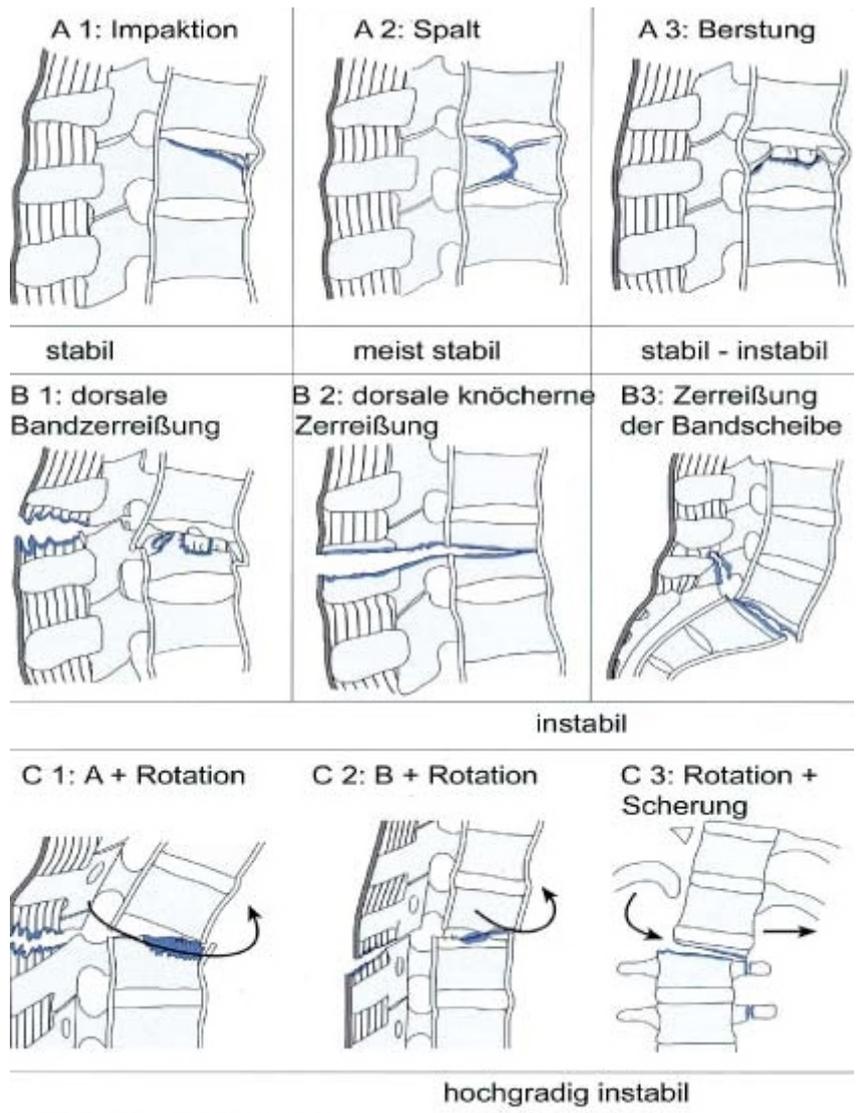


Abb. 1, AO – Klassifikation nach Magerl

1.2.2 osteoporotische Wirbelfrakturen (OF) Klassifikation

Im Jahr 2012 wurde von der Arbeitsgruppe „Osteoporotische Frakturen“ der Sektion Wirbelsäule der Deutschen Gesellschaft für Orthopädie und Unfallchirurgie (DGOU) eine Klassifikation für osteoporotische Wirbelfrakturen (OF – Klassifikation) mit insgesamt 6 Untergruppen entwickelt (37).

OF 0	Wirbelkontusion, keine Formveränderung, Knochenödem im MRT
OF 1	Fraktur von Grund – oder Deckplatte
OF 2	Fraktur von Grund – oder Deckplatte und Beteiligung der Hinterwand < 1/3
OF 3	Fraktur der Grund – oder Deckplatte und Beteiligung der Hinterwand > 1/3
OF 4	Fraktur der Grund – und Deckplatte und Beteiligung der Hinterwand > 1/3
OF 5	Distraktions – und Rotationsfrakturen

Tab. 1, OF - Klassifikation

1.2.3 Wolter – Klassifikation

Wir verwenden in unserer Klinik im klinischen Alltag die Wolter – Klassifikation. Die Klassifikation orientiert sich hierbei am Drei -Säulen Modell der Wirbelsäule nach Denis (Abb. 3, 11).

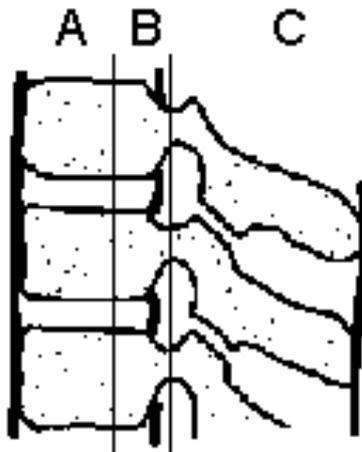


Abb. 2 Drei – Säulen – Modell
nach Denis (1983)

Bei der Wolter Klassifikation entspricht die ventrale Säule dem Wirbelkörper (Wolter A), die mittlere Säule entspricht der Hinterkante des Wirbelkörpers sowie der Bogenwurzel (Wolter B), die hintere Säule entspricht den Wirbelbögen und Wirbelfortsätzen (Wolter C). Zusätzlich zur Klassifikation nach Denis gibt es eine vierte Säule, die den diskoligamentären Strukturen entspricht.

Zusätzlich wird die Einengung des Spinalkanals mittels Ziffern erfasst. Hierbei bedeutet 0 keine Einengung, 3 Einengung um mehr als 2/3 bis zur maximalen Verlegung (Abb. 4, 45).

	Einengung des Spinalkanals
0	Keine Einengung
1	Einengung bis zu 1/3
2	Einengung bis zu 2/3
3	Einengung um mehr als 2/3 bis zur vollständigen Verlegung

Tab. 2, Einengung des Spinalkanals

Wir haben für diese Arbeit die Wolter - und die OF – Klassifikation benutzt.

1.3 Therapie osteoporotischer Wirbelkörperfrakturen

Während stabile Kompressionsfrakturen konservativ, mittels Kyphoplastie oder Vertebroplastie behandelt werden können (30), stellen instabile Wirbelfrakturen, die einer dorsalen Instrumentierung bedürfen, weiterhin eine Herausforderung in der täglichen Patientenversorgung dar.

Bereits 2010 zeigte eine Studie aus unserer Klinik von Chmielnicki et al, dass es häufig zu einer Auslockerung der Pedikelschrauben im osteoporotischen Knochen kommt. Es wurden insgesamt 61 Patienten mit einem Durchschnittsalter von 73 Jahren, die einen bisegmentalen Fixateur interne erhalten hatten über drei Monate nachuntersucht (5).

Der Kyphosewinkel präoperativ betrug $13,9^\circ$ ($SD \pm 9,4^\circ$). Mittels der Versorgung mit einem Fixateur interne konnte eine Reduktion des Kyphosewinkels um $5,8^\circ$ ($SD \pm 5,9^\circ$, $p < 0,001$) auf $8,1^\circ$ ($SD \pm 6,7^\circ$) erreicht werden.

Breits in den ersten sechs Wochen nach der operativen Versorgung trat ein Korrekturverlust von $7,7^\circ$ ($SD \pm 7,4^\circ$, ($p < 0,001$)) auf. Infolge des Korrekturverlustes kam es im weiteren Verlauf zu einer Lockerung der Pedikelschrauben und zu einer zunehmenden Kyphosierung.

Hierfür wurden von der Industrie gefensterter Schrauben entwickelt, die eine Augmentation des Schraubenlagers mit Zement ermöglichen. Die Zementaugmentation sorgt für eine deutlich erhöhte Festigkeit in dem osteoporotischen Knochen.

Eine weitere Arbeit aus unserer Klinik, Chmielnicki et al aus dem Jahr 2012 konnte bereits zeigen, dass es zu keiner signifikanten Nachsinterung kommt. (6).

Hier konnten insgesamt 16 Patienten mit einem Durchschnittsalter von 75 Jahren, die mit einem zementaugmentierten bisegmentalen Fixateur interne versorgt wurden, über sechs Monate nachuntersucht werden.

Mittels einem zementaugmentierten Fixateur interne konnte im Schnitt eine Reposition um $7,1^\circ$ ($SD \pm 5,8^\circ$, $p > 0,001$) erreicht werden.

Bei der Nachuntersuchung zeigte sich kein signifikanter Korrekturverlust.

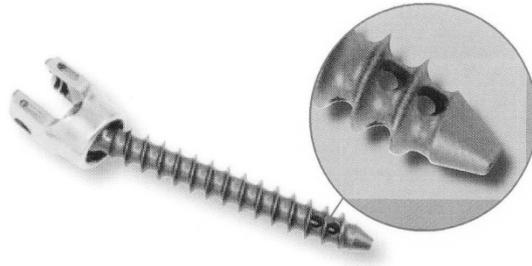


Abb. 3, gefensterete Schrauben (14)

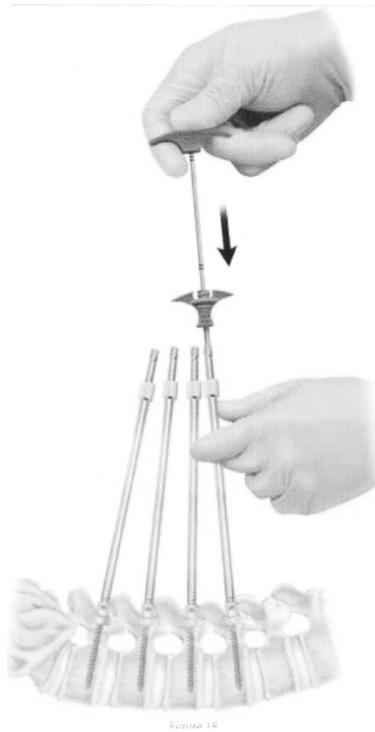


Abb. 4, Injektion von Zement (19)



Abb. 5, Injektion von Zement (14)



Abb.6, intraoperatives Röntgenbild nach Zementapplikation (14)

1.4 Ziel der Studie

Eine sicherer Verankerung der Pedikelschrauben eines Fixateur interne bei der Versorgung einer instabilen Wirbelkörperfraktur ist im osteoporotischen Knochen aufgrund der verminderten Knochendichte mit den herkömmlichen Systemen schwierig zur erreichen. Aufgrund dessen erfolgt im klinischen Alltag zunehmend die Verwendung gefensterter Schrauben, die eine Augmentation mittels Knochenzement ermöglichen.

Goost et al (17) konnten bereits 2012 zeigen, dass 80% der Teilnehmer des Nationalen Wirbelsäulenkongresses in Deutschland, die sich an der Umfrage

beteiligten, eine Zementaugmentation der Pedikelschrauben bei Wirbelsäulenfixateuren durchführt.

Ziel der Studie ist es zu klären, ob die Zementaugmentation der Pedikelschrauben bei einem Fixateur interne dauerhaft die Ausrissfestigkeit im Vergleich zu nicht zementaugmentierten Schrauben erhöht und eine vorzeitige Auslockerung dadurch verhindert wird.

1.5 Fragestellung

Haben zementaugmentierte Fixateure interne der Wirbelsäule eine höhere Festigkeit im osteoporotischen Knochen?

2. Material und Methoden

2.1 Patientenkollektiv

Wir haben im Zeitraum von März 2012 bis Juli 2014 insgesamt 40 Patienten (31 Frauen und 9 Männer) nachuntersucht, die aufgrund einer osteoporotischen Wirbelkörperfraktur der Brustwirbelsäule (BWS, 18 Patienten) oder Lendenwirbelsäule (LWS, 22 Patienten) einen bisegmentalen zementaugmentierten Fixateur interne erhalten hatten.

Bei allen Patienten wurde das System Longitude oder Sextant der Firma (Fa.) Medtronic mit polyaxialen Schrauben verwendet. Die polyaxialen Schrauben besitzen eine distale Fensterung, über die eine Zementaugmentation möglich ist. Für die Zementaugmentation wurde Polymethylmethacrylat (PMMA) – Zement (Fa. Medtronic) verwendet.

Alle Patienten waren zum Operationszeitpunkt mindestens 65 Jahre alt, der Altersdurchschnitt zum Zeitpunkt der Untersuchung betrug 77,5 Jahre (Standardabweichung (SD) \pm 6,9), der Median lag bei 75 Jahre. Der jüngste Patient war 67 Jahre alt, der älteste Patient 94 Jahre alt.

Bei insgesamt 30 Patienten wurde zusätzlich eine Ballonkyphoplastie (Kyphon, Fa. Medtronic) des frakturierten Wirbels durchgeführt, hierfür wurde ebenfalls PMMA – Zement verwendet.

Bei insgesamt 30 Patienten wurde die Fraktur als Wolter AB 1 klassifiziert, bei einem Patient als Wolter AB 2, bei drei Patienten als Wolter AB 0, bei zwei Patienten als Wolter ABC 1 und bei vier Patienten handelte es sich um eine sogenannte Kneifzangenfraktur .

Bei der Einteilung der Frakturen nach der OF – Klassifikation lag folgende Verteilung vor:

OF 0	0
OF 1	3
OF 2	0
OF 3	36
OF 4	1
OF 5	0

Tab. 3, Klassifikation nach OF

2.2 Ein – und Ausschlusskriterien

Es wurden alle Patienten, die mit einem bisegmentalen zementaugmentierten Fixateur interne versorgt wurden und zum Operationszeitpunkt mindestens 65 Jahre alt waren eingeschlossen. Ausgeschlossen wurden alle Patienten, die der deutschen Sprache nicht mächtig waren, dauerhaft bettlägerig waren, an geistiger Retardierung, Demenz oder einer ossär metastasierten malignen Erkrankung litten, wenngleich sie die gleiche operative Versorgung erhielten.

Ebenso wurden Patienten mit einer polysegmentalen Versorgung ausgeschlossen.

2.3 Rekrutierung

Die Rekrutierung der Patienten erfolgte postoperativ. Alle Patienten, die die Einschlusskriterien erfüllten, wurden ca. 6 Monate nach der operativen Versorgung angeschrieben und zu einer Nachuntersuchung eingeladen.

2.4. Untersuchungsmethoden

2.4.1 Bestimmung des Cobb - Winkels

Die Patienten, die zur Nachuntersuchung erschienen waren, erhielten eine aktuelle Röntgenaufnahme des betreffenden Wirbelsäulenabschnittes in zwei Ebenen.

Bei den bereits vorhandenen präoperativen sowie unmittelbar postoperativ angefertigten Röntgenbildern sowie dem bei der Nachuntersuchung angefertigten Röntgenbild wurde der Cobb – Winkel bestimmt. Hierfür wurde die Winkelmessfunktion des Picture Archiving and Communication System (PACS) Impax der Firma Agfa verwendet.

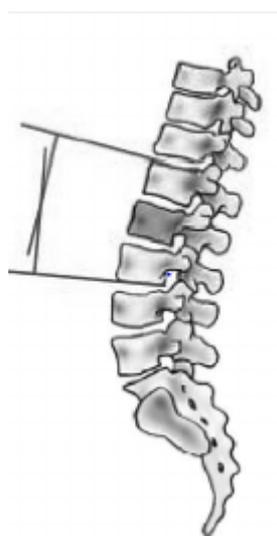


Abb. 7, Bestimmung des Cobb – Winkels (21)

2.4.2. Oswestry Disability Index (ODI)

Mit der schriftlichen Einladung erhielten die Patienten außerdem die deutsche Version des Oswestry Disability Index (ODI) zur Erfassung des aktuellen Aktivitätsniveau im Alltag (46).

Der Fragebogen umfasste insgesamt 10 Fragen, mit denen die aktuelle Schmerzstärke, mögliche Schwierigkeiten bei der Körperpflege, die Mobilität (Heben von Gegenständen, Stehen, Gehen, Sitzen, Reisen), das Schlafen, das Sexualleben sowie die Teilhabe am Sozialleben erfasst wurden.

Je eingeschränkter die Aktivität im Alltag ist, desto höher war der Punktwert. Bei keinerlei Einschränkung betrug der Punktwert 0, der maximale Punktwert war 50 (siehe Anhang).

2.4.3 Visuelle Analogskala (VAS)

Bei der Nachuntersuchung wurde die aktuelle Schmerzstärke im Vergleich zu den Schmerzen präoperativ mittels einer visuellen, numerischen Analogskala erfasst (12).

Die visuelle Analogskala erfasste den Zahlenwert von 0 bis 10. Der Wert 0 bedeutete Schmerzfreiheit, der Wert 10 waren stärkste, für den Patienten vorstellbaren Schmerzen.

2.5 Datenerfassung und Datenauswertung

Die Daten wurden mittels Tabellenkalkulation im Computerprogramm EXCEL (Fa. Microsoft) erfasst.

Für Erstellung des Oswestry Disability Index, der visuellen Analogskala sowie für die Erstellung der Doktorarbeit wurde das Textprogramm WORD (Fa. Microsoft) verwendet.

Die Datenauswertung erfolgte über das Statistikprogramm „R“ (44,45). Für die statistische Auswertung wurde der gepaartem zweiseitige t – Test für unverbundene Stichproben sowie eine linearen Regeregressionsanalyse verwendet.

Das Signifikanzniveau wurde auf $p < 0,05$ festgelegt.

Der Wilcox – Test wurde zur Auswertung der visuellen Anlalogskala verwendet (15).

3. Ergebnisse

3.1 Ergebnisse Cobb – Winkel präoperativ und postoperativ

Hier wurden die Cobb Winkel, die auf den präoperativ angefertigten Röntgenbildern, sowie die Cobb – Winkel auf den zeitnah postoperativ (1. – 2. postoperativer Tag) angefertigten Röntgenbildern miteinander verglichen.

Die Daten wurde über einen gepaarten zweiseitigen t – Test für unverbundene Stichproben ausgewertet.

Durch die Operation konnte nach Einbringen eines zementaugmentierten Fixateur interne eine signifikante Korrektur des Cobb – Winkels erreicht werden (p – Wert $< 0,001$, 95 % Konfidenzintervall (KI) $-1,82 – 6,09$). Es konnte eine durchschnittliche Korrektur des Cobb – Winkels von 4° erreicht werden.

3.2 Ergebnisse Cobb – Winkel postoperativ und nach 6 Monaten

Für diese Auswertung wurden von allen Patienten die Cobb – Winkel auf den unmittelbar postoperativ (1. – 2. postoperativer Tag) angefertigten Röntgenbildern mit den nach 6 Monaten postoperativ angefertigten Röntgenbildern verglichen.

Eine erfolgte Kyphoplastie blieb unberücksichtigt.

Die Datenauswertung erfolgte mittels gepaartem zweiseitigem t – Test für unverbundene Stichproben.

Es zeigte sich nach 6 Monaten eine signifikante Sinterung zwischen 1° bis maximal 4° (p – Wert $< 0,001$, 95% Konfidenzintervall $- 3,880$ bis $- 1,26$).

Die durchschnittliche Sinterung betrug $2,57^\circ$.

3.3 Ergebnisse Cobb – Winkel postoperativ und nach 6 Monaten mit Kyphoplastie

In dieser Auswertung wurde eine erfolgte Kyphoplastie berücksichtigt.

Die Patienten wurden dafür in zwei Gruppe eingeteilt: mit Kyphoplastie (n = 30) und ohne Kyphoplastie (n = 10).

Auch hier wurde der Cobb – Winkel, der auf den unmittelbar postoperativ durchgeführten Röntgenbildern bestimmt wurde mit dem auf den, nach 6 Monaten postoperativ durchgeführten Röntgenbildern, gemessen wurde miteinander verglichen.

Zur statistischen Auswertung der Daten wurde ein Wilcox – Test verwendet, da es sich nicht um eine gegebenen Normalverteilung handelte und eine der Gruppen kleiner als n = 30 war.

Durchschnittlich trat in der Patientengruppe, die kyphoplastiert wurde eine um 0,3° geringere Sinterung auf, als in der Patientengruppe, die nicht kyphoplastiert wurde.

Die geringere Nachsinterung war statistisch jedoch nicht signifikant (p = 0,84, 95% KI 3,17 – 3,84).

3.4 Ergebnisse bei Vergleich BWS und LWS

Bei dieser Auswertung wurde, untersucht, ob die Lokalisation einen Einfluss auf eine mögliche Nachsinterung hat.

Hierfür wurden bei der statistischen Auswertung, die Cobb – Winkel unmittelbar postoperativ und 6 Monate postoperativ, der Patienten die eine Versorgung der LWS (n = 22) erhielten mit den Cobb – Winkeln, der Patienten die eine Versorgung der BWS erhielten (n = 18) miteinander verglichen.

Die statistische Auswertung der Daten erfolgte über eine lineare Regressionsanalyse.

Es zeigte sich, dass es bei Patienten, die eine Versorgung der LWS erhielten eine statistisch signifikant geringere Nachsinterung im postoperativen Verlauf auftrat ($1,214^\circ$ vs. $4,068^\circ$), als bei Patienten, die an der BWS versorgt wurden ($p = 0,03$, 95% KI $-0,38 - 5,33$).

Zusätzlich wurde in beiden Patientengruppen der Effekt einer durchgeführten Kyphoplastie untersucht.

Mit einer Kyphoplastie kam es zu keiner statistisch signifikant geringeren Nachsinterung ($p = 0,71$, 95% KI $2,8 - 3,90$).

3.5 Geschlecht

Mittels linearer Regressionsanalyse wurde der mögliche Einfluss des Geschlechts auf eine Nachsinterung untersucht.

Ein signifikanter Einfluss konnte nicht festgestellt werden.

3.6 Oswestry Disability Index (ODI)

Der niedrigste Punktwert beim Oswestry Disability Index betrug 1 Punkt, was nahezu keine Einschränkung im Alltag bedeutet. Der höchste Punktwert betrug 43 Punkte, was eine erhebliche Einschränkung im Alltag bedeutet.

Der durchschnittliche Punktwert betrug 19,7 (SD ± 12). Der Median betrug 19 Punkte. Dies entspricht einer deutlichen Einschränkung im Alltag.

In der Patientengruppe, die eine Kyphoplastie erhielten betrug der durchschnittliche Punktwert 19,5 Punkte (SD $\pm 12,8$).

Der niedrigste Punktwert in dieser Gruppe betrug 1 Punkt, der höchste 43 Punkte.

In der Patientengruppe, die keine Kyphoplastie erhielten, betrug der durchschnittliche Punktwert 20,1 Punkte (SD \pm 8,4 Punkte).

Der niedrigste Punktwert betrug 5 Punkte, der höchste 34 Punkte.

3.7 Visuelle Analogskala (VAS)

Im Mittel betrug die Schmerzen präoperativ auf der numerischen visuellen Analogskala 8,5 (SD \pm 3,2).

Insgesamt 15 Patienten gaben an präoperativ unter den für sie schlimmsten vorstellbaren Schmerzen, was einem maximalen Punktwert von 10 entspricht, gelitten zu haben. Weitere 17 Patienten bewerteten ihre Schmerzen mit einem Punktwert von 9 oder 8.

Lediglich 8 Patienten bewerteten ihre Schmerzen präoperativ mit einem Punktwert von 7 oder weniger.

6 Monate postoperativ betrug die Schmerzen im Mittel 4,1 (SD \pm 2,6) auf der numerischen visuellen Analogskala.

Ein Patient gab bei der Nachuntersuchung an, keine Schmerzen zu haben. Insgesamt neun Patienten bewerteten ihre Schmerzen postoperativ mit einem Wert von 1 oder 2, 21 Patienten bis zu einem Punktwert von 5.

Neun Patienten gaben bei der Nachuntersuchung einen Schmerzwert von 6 oder mehr an, ein Patient hatte einen Schmerzwert von 10, ein weiterer von 9.

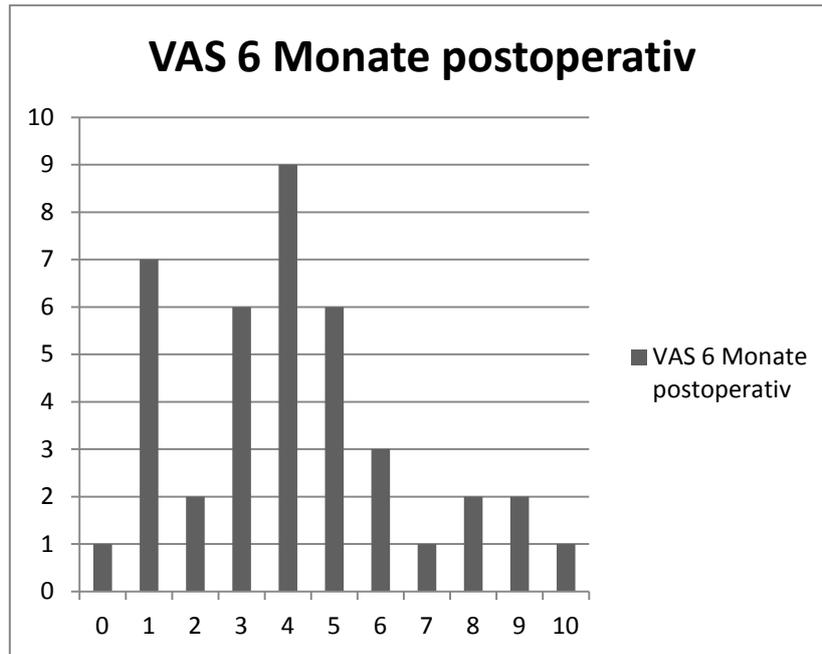


Abb. 8, Verteilung VAS 6 Monate postoperativ

Für die statistische Auswertung wurde der numerische Wert auf der visuellen Analogskala präoperativ mit dem numerischen Wert auf der visuellen Analogskala zum Untersuchungszeitpunkt 6 Monate postoperativ miteinander verglichen.

Hierfür erfolgte statistische Auswertung mittels Wilcoxon – Test.

Es zeigte sich eine hoch signifikante Schmerzreduktion (p – Wert $< 0,001$, 95% Konfidenzintervall $-3,374 - 5,577$).

Durchschnittlich konnten die Schmerzen um 4,6 Punkte auf der numerischen Analogskala reduziert werden.

In der Patientengruppe, die eine Kyphoplastie erhielten betragen die Schmerzen präoperativ im Mittel 9,0 Punkte ($SD \pm 1,2$) auf der visuellen Analogskala.

In der Patientengruppe, die keine Kyphoplastie erhielten betrug die Schmerzen im Mittel 7,6 Punkte (SD \pm 2,5).

6 Monate postoperativ betrug der Schmerzwert in der Patientengruppe mit Kyphoplastie im Mittel 3,9 Punkte (SD \pm 3,8), in der Patientengruppe ohne Kyphoplastie betrug die Schmerzen im Mittel 4,0 Punkte (SD \pm 1,3).

In beiden Patientengruppen konnte somit eine Schmerzreduktion erreicht werden. In der Patientengruppe mit Kyphoplastie im Mittel um 5,1 Punkte, in der Patientengruppe ohne Kyphoplastie im Mittel um 5,0 Punkte.

3.8 Neurologie

Ein neurologisches Defizit bestand präoperativ bei keinem der Patienten und auch bei der Nachuntersuchung nach 6 Monaten beklagte kein Patient ein Defizit.

3.9 Fallbeispiele



Abb. 9, präoperatives MRT bei
BWK 8 Fraktur



Abb. 10, postoperative Röntgenbilder bei
BWK 8 Fraktur



Abb. 11, Röntgenbilder 6 Monaten postoperativ bei
BWK 8 Fraktur



Abb. 12, präoperatives MRT bei
BWK 12 Fraktur

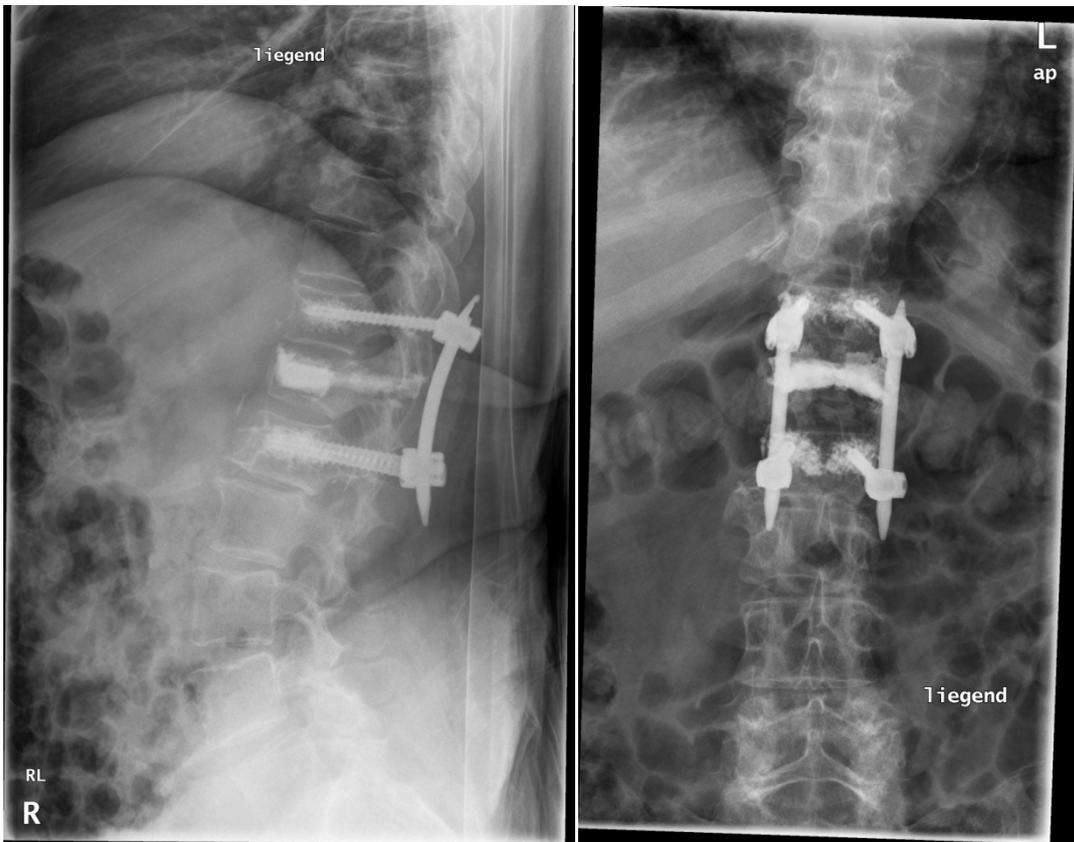


Abb. 13, postoperative Röntgenbilder bei
BWK 12 Fraktur

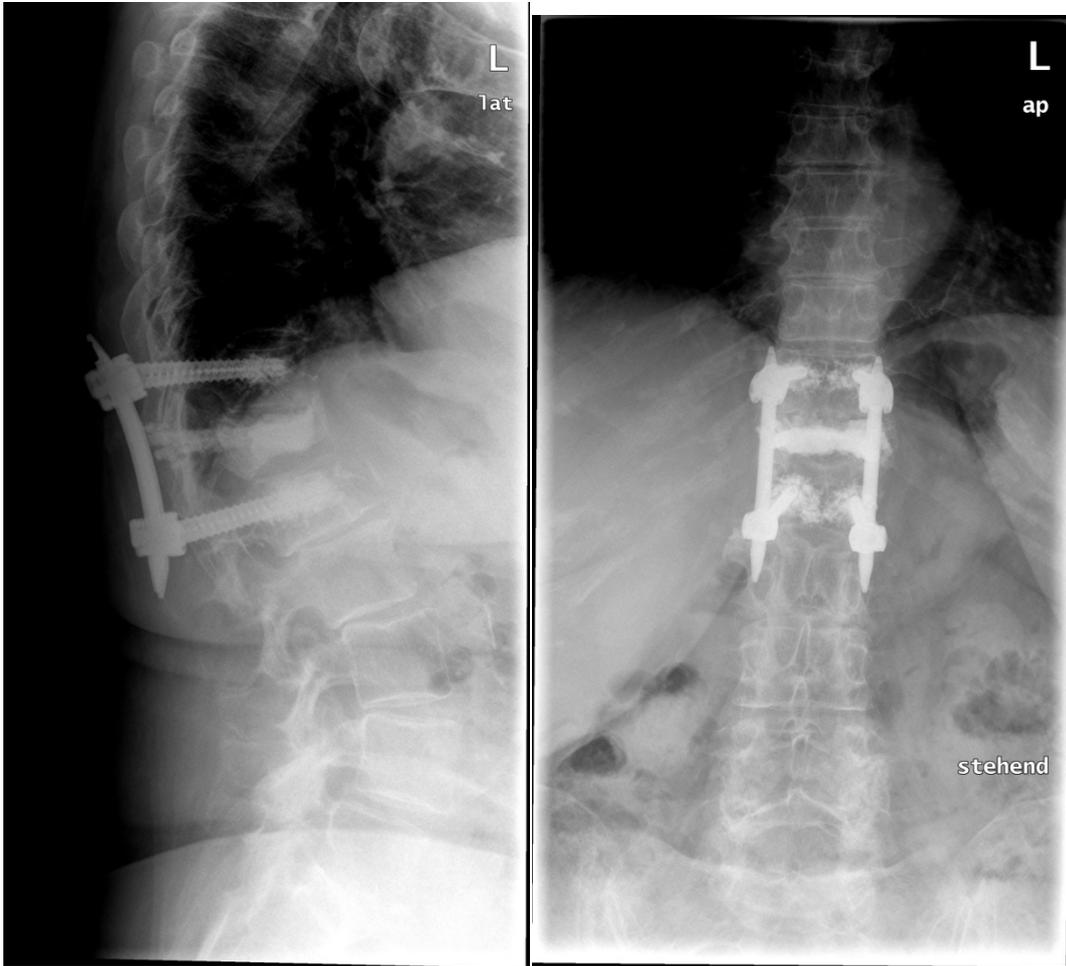


Abb. 14, Röntgenbilder 6 Monate postoperativ bei
BWK 12 Fraktur



Abb. 15, präoperatives CT bei
LWK 2 Fraktur



Abb. 16, postoperative Röntgenbilder bei LWK 2 Fraktur



Abb. 17, Röntgenbilder 6 Monate postoperativ bei LWK 2 Fraktur

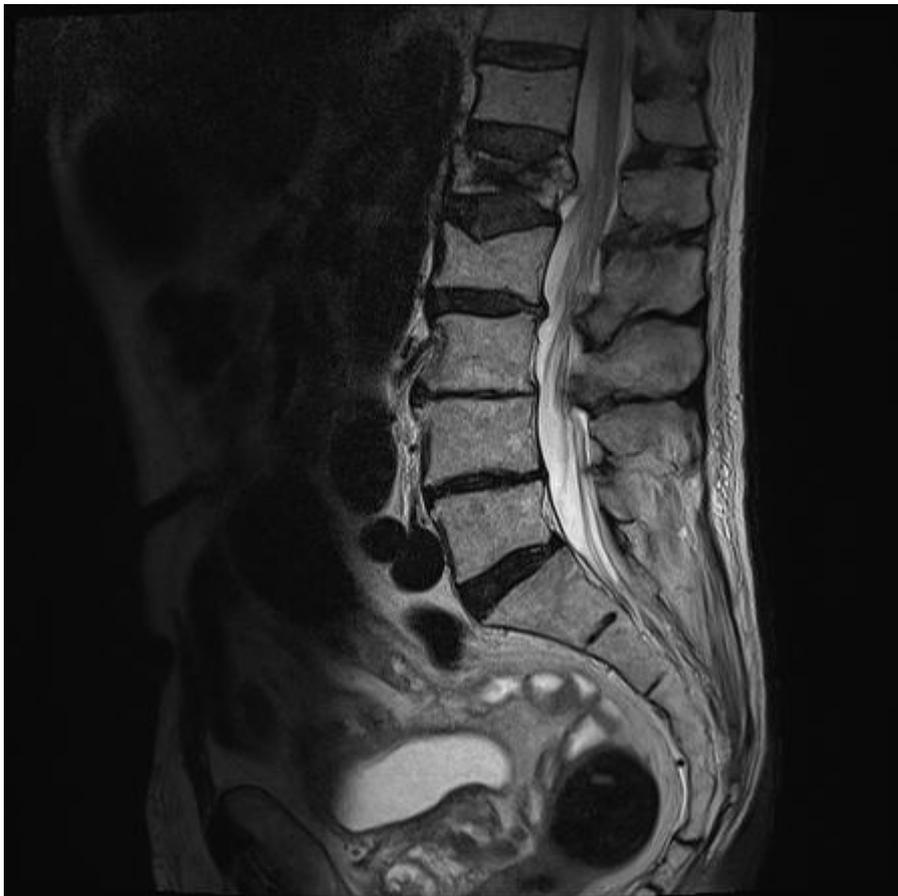


Abb. 18, präoperatives MRT bei
LWK 1 Fraktur

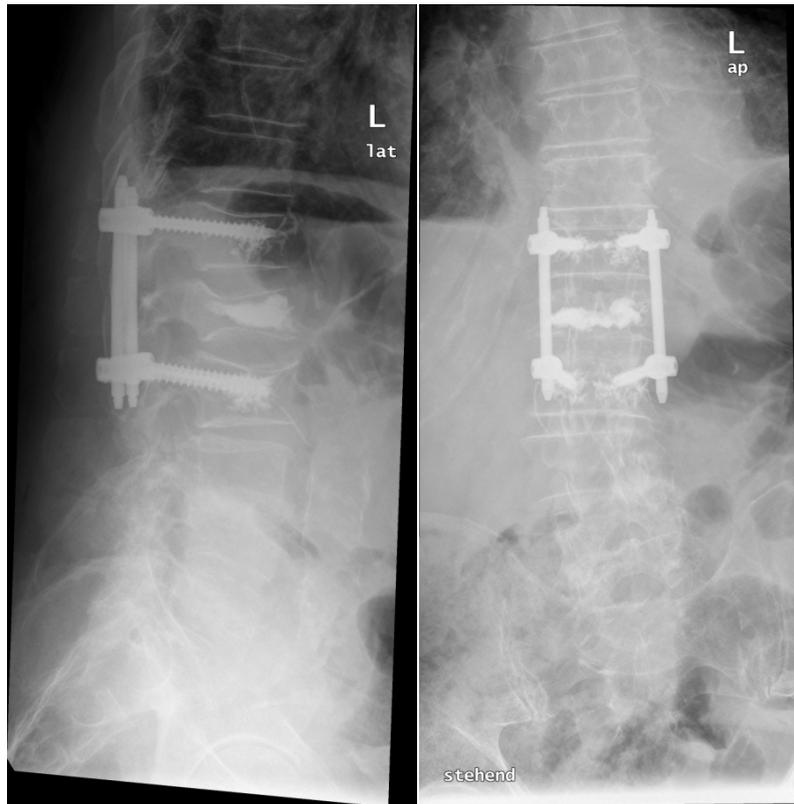


Abb. 19, postoperative Röntgenbilder bei LWK 1 Fraktur



Abb. 20, Röntgenbilder 6 Monate postoperativ nach LWK 1 Fraktur

4. Diskussion

Der zunehmende Anteil an alten Patienten in unserer Gesellschaft sorgt für einen Anstieg von operationspflichtigen, instabilen osteoporotischen Wirbelkörperfrakturen.

Ziel dieser Arbeit war es, zu klären ob zementaugmentierte Fixateure interne der Wirbelsäule eine höhere Festigkeit, als nicht zementaugmentierte Fixateure interne haben und ob eine ergänzende Kypoplastie sinnvoll ist.

In zahlreichen biomechanischen Untersuchungen konnte gezeigt, werden, dass die Festigkeit zementaugmentierter Schrauben im Vergleich zu konventionellen Schrauben deutlich erhöht ist (2, 8, 36, 40, 3).

Kolb und Mitarbeiter (2015, 22) konnten zeigen, dass die Versagenslast im Vergleich zu nicht augmentierten Schrauben im Pullout Versuch signifikant höher ist ($p < 0,004$)

Bei der Fatigue Testung zeigte sich eine um 27% signifikant höhere Versagenslast und damit ein signifikant längeres Überleben der Pedikelschrauben.

Für die Fatigue Testung wurden die Wirbelkörper mit den Schrauben in Stahltöpfe eingebracht und in einer Materialprüfmaschine befestigt. Die Festigkeit der Schrauben wurde dann mit einer sinusförmigen, zyklischen und axialen Last, die kontinuierlich gesteigert wurde, getestet. Eine Dislokation größer 5,4 mm nach kaudal wurde als Versagen definiert.

Die Autoren halten jedoch auch fest, dass es aufgrund dieser Eigenschaften in vivo zu biomechanischen Veränderungen des entsprechenden Bewegungsegmentes kommt. Unter Umständen können aufgrund dieser Veränderungen die biomechanischen Untersuchungen nicht eins zu eins auf die Situation in vivo übertragen werden.

Becker et al haben im Jahr 2008 die Ausrissfestigkeit an menschlichen Kadavern untersucht (2).

Die Nachuntersuchung erfolgte in vier Gruppen:

- Gruppe 1: nicht gefensterte Schraube in LWK 1, keine Augmentation
(Kontrollgruppe)
- Gruppe 2: gefensterte Schraube in LWK 2 mit Verteroplastie
- Gruppe 3: nicht gefensterte Schraube in LWK 3 mit Verteroplastie
- Gruppe 4: nicht gefensterte Schraube in LWK 4 mit Kyphoplastie

Es wurden insgesamt fünf menschliche Wirbelsäulenkadaver (vier Weibliche, ein Männlicher) nachuntersucht. Das durchschnittliche Alter betrug 79,8 Jahre.

Die Ausrissfestigkeit wurde mit einer universellen Testmaschine mit 5 kN getestet.

Hierbei zeigten sich in Gruppe 2 und Gruppe 3 eine signifikant höhere Ausrissfestigkeit, als in der Kontrollgruppe ($p = 0,001$).

Ein statistisch signifikanter Unterschied konnte zwischen beiden Gruppen nicht festgestellt werden.

Zwischen Gruppe 4 und der Kontrollgruppe zeigte sich kein signifikanter Unterschied ($p > 0,05$).

Es ist jedoch kritisch anzumerken, dass die Autoren bei allen fünf Kadavern jeweils den gleichen Wirbelkörper mit der gleichen Technik versorgten. Ein eventuell bestehender Einfluss der Pedikelgröße oder der Größe des Wirbelkörpers blieb so unberücksichtigt.

Eine neuere Untersuchung an menschlichen Kadavern stammt von Gates et al aus dem Jahr 2015 (16).

Die Autoren untersuchten insgesamt zehn menschliche lumbale Wirbelkörper nach. Die Wirbelkörper stammten von drei Frauen und einem Mann mit einem Durchschnittsalter von $61 \pm 8,8$ Jahre.

Bei dieser Arbeit wurden die Pedikelschrauben jedoch nicht mit Zement augmentiert, sondern es wurden Schrauben mit einem Ankersystem aus einem thermoplastischen Polymer (Polyetheretherketone, PEEK) verwendet. Dieses Ankersystem sollte für eine bessere Fixierung der Schraube im spongiösen Knochen sorgen.

Mit einer mechanischen Testmaschine wurde die axiale Festigkeit gemessen.

Im Vergleich zu den Kadavern, bei denen konventionelle Schrauben verwendet wurden, zeigte sich in der Gruppe mit dem Ankersystem eine signifikant höhere Festigkeit ($p \leq 0,05$).

In weiteren Untersuchungen sollte nun geklärt werden, ob die Festigkeit der Schrauben mit Ankersystem vergleichbar mit den zementaugmentierten Schrauben ist. Sollte dies der Fall sein, könnte sich hier eine neue Therapiemöglichkeit ergeben. Der zusätzliche Arbeitsschritt der Augmentation würde wegfallen, ebenso wie die möglichen Komplikationen, wie zum Beispiel Paravasate oder toxische Effekte, wie zum Beispiel allergische Reaktionen (35).

4.1.1 Patientenkollektiv

Wir konnten insgesamt 40 Patienten (31 Frauen, 9 Männer) nachuntersuchen, die zum Zeitpunkt der Operation mindestens 65 Jahre alt waren. Der Altersdurchschnitt zum Zeitpunkt der Untersuchung betrug 77,5 Jahre (Standardabweichung (SD) $\pm 6,9$), der Median war 75 Jahre. Der jüngste Patient war 67 Jahre alt, der älteste Patient 94 Jahre alt.

Unser Nachuntersuchungszeitraum betrug 6 Monate postoperativ.

Gu et al (18) konnten im Jahr 2013 insgesamt 20 Patienten nachuntersuchen. Das Durchschnittsalter betrug 73,6 Jahre. Der jüngste Patient war 65 Jahre, der älteste Patient war 85 Jahre.

Der Nachuntersuchungszeitraum betrug 2 Jahre.

Chang et al (4) untersuchten im Jahr 2008 insgesamt 41 Patienten (23 Frauen und 18 Männer) mit einem Durchschnittsalter von 75,1 Jahren nach. Der jüngste Patient war 50 Jahre, der älteste Patient 90 Jahre.

Der Nachuntersuchungszeitraum betrug 22,3 Monate.

Chmielnicki et al (5) untersuchten 2007 und 2008 sieben Patienten mit einem Durchschnittsalter von 73 Jahren \pm 8 über 6 Wochen nach. Der jüngste Patient war 60 Jahre alt, der älteste Patient 88 Jahre alt.

Unser Patientenkollektiv ist dem mit den Patientenkollektiven in der Literatur vergleichbar.

Mit dem Durchschnittsalter von 77,5 Jahren ist unser Patientenkollektiv sogar noch etwas älter.

Mit 40 Patienten ist unser Patientenkollektiv größer, als in anderen Arbeiten.

4.1.2 Klassifikation der Wirbelkörperfrakturen

In unserer Klinik erfolgte die Klassifikation der Wirbelkörperfrakturen nach Wolter. Aufgrund dieser Klassifikation erfolgte die Festlegung des Therapieregimes.

Hierbei handelte es sich jedoch um eine rein morphologische Klassifikation der Fraktur anhand der durchgeführten radiologischen Diagnostik, ein Behandlungsalgorithmus kann hiermit nicht abgeleitet werden.

Um den besonderen Anforderungen in der Behandlung osteoporotischer Wirbelkörperfrakturen gerecht zu werden, wurde im Jahr 2012 von der Arbeitsgruppe „Osteoporotische Frakturen“ der Sektion Wirbelsäule der deutschen Gesellschaft für Orthopädie und Unfallchirurgie (DGOU) die Klassifikation für osteoporotische Wirbelfrakturen (OF – Klassifikation) und der OF – Score entwickelt (37).

Die Wirbelkörperfrakturen werden anhand der morphologischen Veränderungen im MRT in sechs Gruppen (OF 0 – OF 5) klassifiziert.

Hierbei werden sowohl lediglich im MRT nachgewiesene Knochenmarködeme ohne Veränderungen in der Wirbelkörperform (OF 0) bis hin zu Rotations – und Distraktionsverletzungen (OF 5) erfasst.

Durch das Vorhandensein von lediglich sechs Untergruppen ist eine Anwendung im klinischen Alltag auf den Fall abgestimmter, als bei der AO – Klassifikation nach Magerl oder der Wolter - Klassifikation. Die Besonderheit von osteoporotischen Frakturen, wie zum Beispiel lediglich das Vorhandensein eines Knochenmarködems im MRT oder einer Deckplattenimpression, werden hiermit zudem deutlich besser abgebildet.

Eine Behandlungsempfehlung ergibt sich jedoch nicht allein aufgrund der Frakturmorphologie. Der OF – Score berücksichtigt folgende weitere Parameter:

- Knochendichte
- Dynamik der Sinterung nach einer Woche (Röntgenaufnahmen im Stehen)
- Schmerzen
- Neurologie
- Gesundheitszustand nach ASA
- Mobilisation

Jeder Parameter erhält einen Punktwert:

Parameter	Punkte
Frakturmorphologie	0 bis 5
Dynamik der Sinterung	-1 oder 1
Schmerzen	-1 oder 1
Neurologie	0 oder 2
Gesundheitszustand nach ASA	-2 bis 0
Mobilisation	-1 oder 1

Tab. 4, Punktwert bei
OF - Score

Anhand dieser Punktverteilung ist zu sehen, dass neben der Frakturmorphologie der Gesundheitszustand des Patienten sowie ein eventuell vorhandenes neurologisches Defizit die größte Wichtung einnehmen.

Eine operative Versorgung sollte ab 3 Punkte erfolgen.

Der Score wurde bereits von 16 Kliniken in einem Zeitraum von 6 Monaten bei insgesamt 707 Patienten mit osteoporotischen Wirbelkörperfrakturen angewendet. In 85% der Fälle stimmten das Vorgehen der Kliniken mit dem Empfehlungen des Scores überein.

Allein aufgrund der Frakturmorphologie bestand mit insgesamt 3 Punkten in unserem Patientenkollektiv bei 37 von 40 Patienten die Indikation zu operativen Versorgung. Unser Patientenkollektiv hatte im Mittel präoperativ einen Schmerzwert von 8,5 Punkten auf der visuellen Analogskala. Die starken Schmerzen und die damit einhergehende Immobilisation waren in der Regel der

Grund für die stationäre Aufnahme, so dass, bei fehlendem neurologischen Defizit in unserem Patientenkollektiv, der Punktwert auf 5 ansteigt.

In unserem Patientenkollektiv dominierten instabile Wirbelkörperfrakturen, bei denen es in der Regel ohne operative Stabilisierung im Verlauf zu einer erheblichen Sinterung kommen würde.

Damit stimmte, retrospektiv betrachtet, das Vorgehen in unserer Klinik mit den Empfehlungen des OF – Scores überein.

Nach Abschluss der Validierung könnte dieser Score im klinischen Alltag eine hilfreiche Entscheidungshilfe bei der Versorgung von Patienten mit osteoporotischen Wirbelkörperfrakturen sein, da dieser Score nicht nur die Frakturmorphologie sondern auch den klinischen Zustand des Patienten berücksichtigt.

4.2. Diskussion der Ergebnisse

4.2.1 postoperative Sinterung

Bei unseren Ergebnissen zeigte sich, unabhängig von dem versorgten Wirbelsäulenabschnitt, einer durchgeführten Kyphoplastie oder dem Geschlecht eine statistisch signifikante Nachsinterung der einliegenden Wirbelsäulenfixateure.

Es gibt zahlreiche Untersuchungen, bei denen im postoperativen Verlauf keine signifikante Nachsinterung auftritt (31, 6).

Während das Alter der Patienten mit unserem Kollektiv vergleichbar ist, handelt es sich bei Prokop et al (2012, 31) um eine Nachuntersuchung von lediglich 7 Patienten 6 Wochen nach der operativen Versorgung.

Bei der Arbeit von Chmielnicki et al (6) aus dem Jahr 2012 konnten 16 Patienten sechs Monate nach der operativen Versorgung nachuntersucht werden.

Chang et al (2008, 4) hatte 41 Patienten über einen Zeitraum von 22,3 Monaten nachuntersucht und keine signifikante Nachsinterung feststellen konnten.

Die Anzahl der Patienten entspricht unserem Patientenkollektiv. Jedoch war das Durchschnittsalter der Patienten 2,4 Jahre jünger und es wurden bereits Patienten ab dem 50. Lebensjahr eingeschlossen.

Unser jüngster Patient war zum Zeitpunkt der Untersuchung 67 Jahre alt.

Bei unserer Arbeit wurden insgesamt 30 Patienten neben dem zementaugmentierten Fixateur interne mit einer Kyphoplastie versorgt.

Durchschnittlich trat in der Patientengruppe, die kyphoplastiert wurde eine geringere Nachsinterung auf, als in der Patientengruppe, die nicht kyphoplastiert wurde. Die geringere Nachsinterung war statistisch jedoch nicht signifikant.

Zairi et al (47) untersuchten 2012 insgesamt 41 Patienten mit einem Durchschnittsalter von 50 Jahren, nach, die mit einem konventionellen Fixateur interne und einer Kyphoplastie versorgt wurden. Bei der Nachuntersuchung nach durchschnittlich 15 Monaten (3 – 90 Monate) konnte keine statistisch signifikante Nachsinterung ($p < 0,001$) festgestellt werden, obwohl keine Zementaugmentation der Pedikelschrauben erfolgt war.

Hier ist anzumerken, dass das Patientenkollektiv mit durchschnittlich 50 Jahren im Vergleich zu unserem Kollektiv über 25 Jahre jünger war und somit nicht der Situation der osteoporotischen Fraktur entsprach.

Pflugmacher et al (29) versorgten 2009 insgesamt 25 Patienten aufgrund einer instabilen osteoporotischen Fraktur mit einem nicht zementaugmentiertem Fixateur interne sowie einer Kyphoplastie.

Insgesamt 21 Patienten konnten nach einem Jahr nachuntersucht werden.

Der präoperative Cobb – Winkel betrug $15,7^\circ$ (SD $\pm 7,8$), postoperativ betrug der Cobb – Winkel $8,2^\circ$ (SD $\pm 4,9$), was einer statistisch signifikanten Verbesserung entspricht.

Nach einem Jahr zeigte sich nicht statistisch signifikanter Korrekturverlust von im Mittel $3,3^\circ$ ($p < 0,05$).

Fuentes et al (15) untersuchten 2010 mit einem konventionelle Fixateur interne und einer Kyphoplastie versorgte Patienten mit einem Durchschnittsalter von 53 Jahren (22 bis 78 Jahre) im Schnitt ein Jahr nach der operativen Versorgung (5 – 14 Monate) nach.

Der Cobb – Winkel betrug präoperativ im Mittel $14,4^\circ$ (5 - 35°), postoperativ betrug der Cobb – Winkel $3,2^\circ$ (SD $\pm 5,1^\circ$), 3 Monate postoperativ $4,5^\circ$ (SD $\pm 3,1^\circ$), 6 Monate postoperativ $4,6^\circ$ (SD $\pm 2,1$). Nach 12 Monaten beträgt der Cobb – Winkel $4,8^\circ$ (SD $\pm 2,9^\circ$).

Der durchschnittliche Korrekturverlust betrug 2° (1 - 7°), dieser Korrekturverlust war statistisch jedoch nicht signifikant ($p > 0,05$).

Das Patientenkollektiv wies im Vergleich zu unserem Patientenkollektiv ein deutlich jüngeres Durchschnittsalter auf.

Korovessis et al (23) untersuchten 2008 insgesamt 18 Patienten nach. Das Durchschnittsalter betrug 65 ± 15 Jahre.

Alle Patienten erhielten wie, bei den Arbeiten zuvor auch, einen nicht zementaugmentierten Fixateur interne in Kombination mit einer Kyphoplastie.

Bei der Nachuntersuchung nach durchschnittlich 22 Monaten (17 – 28 Monate) zeigte sich ein durchschnittlicher Korrekturverlust zwischen 1 - 5° , der jedoch statistisch nicht signifikant war ($p > 0,05$).

Die Arbeit von Gu et al (18) aus dem Jahr 2013 zeigte ebenfalls keine statistisch signifikante Nachsinterung während des Untersuchungszeitraums von durchschnittlich 26 Monaten (24 – 30 Monate).

Es wurden insgesamt 20 Patienten mit einem Durchschnittsalter von 73,6 Jahren (65 – 85 Jahre) nachuntersucht, die einen nicht zementaugmentierten Fixateur interne sowie eine Vertebroplastie oder Kyphoplastie erhalten hatten.

In der Patientengruppe, die eine Vertebroplastie erhalten hatten, betrug der Cobb – Winkel präoperativ $18,1^\circ$ (SD $\pm 3,9^\circ$), unmittelbar postoperativ $11,3^\circ$ (SD $\pm 3,8^\circ$). 6 Monate postoperativ betrug der Cobb – Winkel $15,1^\circ$ (SD $\pm 3,0^\circ$, nach 12 Monaten und 24 Monaten zeigten sich die gleichen Werte.

In der Patientengruppe, die eine Kyphoplastie erhalten hatte, betrug der Cobb – Winkel präoperativ $18,2^\circ$ (SD $\pm 3,9^\circ$), postoperativ betrug der Cobb – Winkel $7,2^\circ$ (SD $\pm 3,2^\circ$). Bei der Nachuntersuchung nach 6 Monaten betrug der Cobb – Winkel $8,0^\circ$ (SD $\pm 3,2^\circ$). Nach 12 und 24 Monaten konnten die gleichen Werte erhoben werden.

Statistisch signifikant war die Nachsinterung nicht ($p > 0,05$).

Statistisch signifikante Unterschiede zwischen den beiden Gruppen bestanden ebenfalls nicht.

Bei allen diesen Arbeiten trat bei den Nachuntersuchungen kein statistisch signifikanter Korrekturverlust auf, obwohl kein zementaugmentierter Fixateur interne eingesetzt wurde.

Im Vergleich zu unserem Patientenkollektiv sind die Patientenkollektive jünger. Der Nachuntersuchungszeitraum ist jedoch länger als in unserer Arbeit.

Auch wenn bei der Arbeit von Gu et al (18) eine Vertebroplastie ohne Aufrichtung des Wirbelkörpers durchgeführt wurde und dies zu den gleichen Ergebnissen führt, könnte jedoch die Aufrichtung und Stabilisierung des frakturierten Wirbelkörpers mittels Knochenzement eine Sinterung im postoperativen Verlauf verhindern.

Hierfür spricht, dass auch in unserer Arbeit die postoperative Nachsinterung in der Patientengruppe mit Kyphoplastie geringer ist, auch wenn dies nicht statistisch signifikant war.

Chmielnicki et al (6) hatten bei einer Arbeit aus dem Jahr 2012 berichtet, dass es bei Patienten, die lediglich mit einem nicht zementaugmentierten Fixateur interne versorgt wurden, zu einer signifikanten Nachsinterung mit Durchschneiden des Fixateur interne kommt.

Bei einer Nachuntersuchung von 61 Patienten mit einem Altersdurchschnitt von 73 ± 8 Jahren (60 – 88 Jahre) konnte mittels konventionellem Fixateur interne eine Reposition von $5,8^\circ$ ($SD \pm 5,9^\circ$), mit einem zementaugmentierten Fixateur (16 Patienten) eine Reposition von $7,1^\circ$ ($SD \pm 5,8^\circ$) erreicht werden.

Bei den konventionellen Fixateuren zeigte sich bereits 6 Wochen postoperativ eine Sinterung von $7,7^\circ \pm 7,4^\circ$ ($p < 0,001$). Bei den zementaugmentierten Fixateuren trat auch nach 6 Monaten kein signifikanter Repositionsverlust ($2,8^\circ$, $SD \pm 4,4^\circ$, $p < 0,465$) auf.

Eine vollständige Reposition der Fraktur und damit Korrektur des Cobb – Winkels war bei der Versorgung von osteoporotischen Wirbelkörperfrakturen nicht erwünscht. Durch die Versorgung mit einem Fixateur interne sollte lediglich eine Stabilisierung der Fraktur erreicht werden. Eine vollständige Korrektur und Reposition begünstigte die sekundäre Sinterung und damit das Auslockern der Fixateure.

4.2.2 Ostwestry Disability Index (ODI)

Die deutsche Version des Ostwestry Disability Index (ODI) (10) soll Auskunft darüber geben, in wie weit die Rückenbeschwerden die Fähigkeit, den Alltag zu bewältigen, einschränken.

Der durchschnittliche Punktwert beim Ostwestry Disability Index betrug 19,7 Punkte bei einem minimalen Punktwert von 0 Punkte und einem maximalen

Punktwert von 50 Punkten, der Median betrug 19 Punkte, was einer deutlichen Einschränkung im Alltag entspricht.

Die Patienten klagten insbesondere über Einschränkungen des Soziallebens und der Möglichkeit zu reisen.

Insgesamt 28 Patienten gaben an, beim Heben von Gegenständen eingeschränkt zu sein.

Längeres Stehen war 23 Patienten nicht möglich, weniger Einschränkungen gab es dagegen beim Gehen und Sitzen, während Einschränkungen bei der Körperpflege immerhin noch bei einem Drittel der Patienten vorhanden sind.

Die Schlafqualität und Dauer des Schlafes ist dagegen nur bei sehr wenigen Patienten eingeschränkt.

Eine Interpretation der Ergebnisse war schwierig, da wir den ODI nur zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung und nicht bereits präoperativ erfasst hatten.

Aus den Ergebnissen war also nicht ersichtlich, ob es postoperativ zu einer Verbesserung oder Verschlechterung der Einschränkungen im Alltag gekommen ist.

Dai et al (2015, 10) versorgten zwischen 2010 und 2013 insgesamt 43 Patienten mit einer osteoporotischen Fraktur mit einem zementaugmentierten Fixateur interne.

Bei der Nachuntersuchung nach 3, 6 und 12 Monaten zeigten sich statistisch signifikant bessere Ergebnisse ($p = 0,025$) beim ODI.

Präoperativ betrug der Punktwert beim ODI 27 (SD \pm 9), bei der letzten Nachuntersuchung nach 12 Monaten betrug der Punktwert 11,8 (SD \pm 5,6).

Bei ihrer Nachuntersuchung an insgesamt 41 Patienten konnten Chang et al (2008, 4) postoperativ eine statistisch signifikante Verbesserung der Ergebnisse im Vergleich zu den präoperativen Ergebnissen des ODI ($p < 0,01$) feststellen.

Der Punktwert betrug präoperativ im Mittel 77,5% (38,8 Punkte), postoperativ betrug der Punktwert im Mittel 44% (22,1 Punkte).

Eine weitere Untersuchung nach einem längeren Zeitraum war nicht erfolgt.

Pflugmacher et al (2009, 29) untersuchten insgesamt 25 Patienten über einen Zeitraum von 12 Monaten nach.

Auch sie konnten eine signifikante Verbesserung der Ergebnisse des ODI feststellen. Bereits nach drei Monaten trat eine statistisch signifikante Verbesserung ($p < 0,05$) auf, die 12 Monate nach der operativen Versorgung weiterhin bestand.

Präoperativ bestand beim ODI ein Punktwert von im Mittel 88% (78 -100%), das entspricht einem Wert von 44 Punkten (39 – 50). Postoperativ bestand im Mittel ein Punktwert von 35 % (15 – 48%), das entspricht einem Wert von 17,5 Punkten (7,5 – 24).

Lubansu et al (2012, 24) untersuchten zwischen 2010 und 2011 insgesamt 15 Patienten mit einem Altersdurchschnitt von 71,2 Jahren (60 – 89 Jahre) 6 und 12 Monaten nach der operativen Versorgung nach.

Präoperativ betrug der Punktwert 34,1 Punkte (SD \pm 11,6). 6 Monate postoperativ betrug der Punktwert 16,2 Punkte (SD \pm 8,8), nach 12 Monaten 14,9 Punkte (SD \pm 9,7).

Dies entspricht einer statistisch signifikante Verbesserung des ODI ($p < 0,01$).

Allerdings muss angemerkt werden, dass lediglich bei vier Patienten eine operative Versorgung aufgrund der osteoporotischen Wirbelkörperfraktur

erfolgte, bei allen anderen Patienten erfolgte eine Versorgung aufgrund degenerativer Erkrankungen (Spondylolisthese, Spinalkanalstenose).

Korovessis et al (2008, 23) untersuchten die gesundheitsbezogene Lebensqualität anhand des Fragebogens SF – 36 nach.

Dieser Fragebogen umfasst folgende Dimensionen:

- Vitalität
- Körperliche Funktionsfähigkeit
- Körperliche Schmerzen
- Allgemeine Gesundheitswahrnehmung
- Körperliche Rollenfunktion
- Emotionale Rollenfunktion
- Soziale Funktionsfähigkeit
- Psychisches Wohlbefinden

Der Einfluss von Schlaf auf die gesundheitsbezogene Lebensqualität wurde nicht erfasst.

Bei den 18 nachuntersuchten Patienten mit einem Durchschnittsalter von 64 Jahren \pm 15 Jahren konnte bei der Nachuntersuchung nach 22 Monaten (17 – 28 Monate) eine deutliche Verbesserung der Ergebnisse des SF – 36 im Vergleich zu den Ergebnissen vor der Operation feststellen.

Präoperativ betrug der Punktwert beim SF - 36 durchschnittlich 35 (SD \pm 15), bei der Nachuntersuchung nach 6 Monaten betrug der Punktwert 80 (SD \pm 20, $p < 0,001$).

Eine weitere Verbesserung im weiteren Verlauf konnte nicht festgestellt werden.

Es ist anzumerken, dass der SF – 36 ganz allgemein die gesundheitsbezogene Lebensqualität erfasst. Im Gegensatz zum ODI werden rücken-spezifische Probleme nicht erfasst.

In der Literatur wird in den meisten Arbeiten über eine Verbesserung der Ergebnisse des ODI im postoperativen Verlauf berichtet, wobei die Untersuchungszeiträume sehr unterschiedlich waren. Sie reichen von einer Nachuntersuchung unmittelbar postoperativ bis zu einer Nachuntersuchung zwei Jahre postoperativ.

Es ist zu bedenken, dass lange Nachuntersuchungszeiträume bei den alten Patienten, die meist in ihrer Mobilität und durch weitere Vorerkrankungen eingeschränkt sind, nur sehr schwer möglich sind.

Die mittlere Überlebenszeit eines 60jährigen betrug in Baden – Württemberg 2014 22,4 Jahre, in der Bundesrepublik Deutschland im Schnitt 21,55 Jahre (44).

Der Altersdurchschnitt der Patientenkollektive entspricht in etwa dem durchschnittlichen Alter unseres Patientenkollektivs.

Alle untersuchten Patienten wurden aufgrund einer osteoporoseassoziierten Wirbelkörperfraktur behandelt. Es ist davon auszugehen, dass bei allen Patienten weitere, sowohl osteoporosebedingte als auch degenerative Veränderungen der Wirbelsäule bestanden, die neben der behandelten Fraktur, Beschwerden verursachten und somit bei der Beantwortung der Fragen eine Rolle spielten (34).

Ob die Einschränkungen, die im Alltag bestanden, ausschließlich durch die behandelte Fraktur oder auch durch andere osteoporosebedingte oder degenerative Veränderungen bedingt waren, könnte durch ein Vergleichskollektiv geklärt werden.

Des Weiteren ist anzumerken, dass bei keinem unserer Patienten, obwohl es sich bei allen Patienten um instabile Frakturen handelte, ein neurologisches Defizit bestand.

4.2.3 Visuelle Analogskala (VAS)

Im Mittel betragen die Schmerzen präoperativ auf der numerischen visuellen Analogskala 8,5 (SD \pm 3,2), 6 Monate postoperativ betragen die Schmerzen im Mittel 4,1 (SD \pm 2,6) auf der numerischen visuellen Analogskala, somit zeigte sich eine signifikante Schmerzreduktion ($p < 0,001$).

Durchschnittlich konnten die Schmerzen um 4,575 Punkte auf der numerischen Analogskala reduziert werden.

Pflugmacher et al (2009, 29) konnten bei ihrer Arbeit eine statistisch signifikante Reduktion der Schmerzpunkte auf der visuellen Analogskala von präoperativ $7,8 \pm 2,2$ Punkte (5,6 – 10 Punkte) auf $4,9 \pm 2,1$ Punkte (2,8 – 8,0 Punkte, $p < 0,001$) feststellen.

Drei Monate nach der operativen Versorgung kam es zu einer weiteren Verbesserung auf $2,9 \pm 1,4$ (2,1 – 4,3 Punkte).

Bei der Nachuntersuchung nach einem Jahr kam es zu einem, statistisch nicht signifikanten, Anstieg auf $3,8 \pm 1,9$ Punkte (1,9 – 4,7 Punkte).

Chang et al (2008, 4) sahen bei der Nachuntersuchung ihrer 41 Patienten 22,3 Monate nach der operativen Versorgung eine signifikante Verbesserung des Punktwertes auf der VAS von 9,2 auf 1,5 Punkte ($p < 0,01$).

Korovessis et al (2008, 23) berichteten bei den 18 nachuntersuchten Patienten von einer statistisch hoch signifikanten Verbesserung des Punktwertes auf der VAS.

Präoperativ betrug der Punktwert auf der VAS durchschnittlich 7,6 (SD \pm 2), bei der Nachuntersuchung 6 Monate postoperativ betrug der Punktwert durchschnittlich 3,1 (SD \pm 2,3, $p < 0,001$).

Eine weitere Verbesserung bei den nachfolgenden Nachuntersuchungen konnte nicht festgestellt werden.

Auch bei der Arbeit von Lubansu et al (2012, 24) zeigten sich vergleichbare Ergebnisse.

Der Punktwert präoperativ betrug $7,6 \pm 1,8$ Punkte auf der VAS

Sowohl unmittelbar postoperativ ($4,4 \pm 1,9$) als auch nach 6 Monaten ($3,0 \pm 2,6$) trat eine statistisch signifikante Verbesserung des Punktwertes auf der VAS auf ($p < 0,01$).

Ein Jahr nach der operativen Versorgung kam es zu einer weiteren Verbesserung des Punktwertes auf der VAS ($3,0 \pm 2,6$).

Diese Verbesserung war allerdings nicht statistisch signifikant.

Einschränkend muss erneut angemerkt, werden, dass lediglich vier der insgesamt 15 Patienten eine operative Versorgung aufgrund einer osteoporotischen Wirbelkörperfraktur erfolgte, bei allen anderen Patienten erfolgte eine Versorgung aufgrund degenerativer Erkkrankungen (Spondylolisthese, Spinalkanalstenose).

Sowohl die präoperativen Schmerzpunkte bei unserem Patientenkollektiv, als auch die Schmerzpunkte sechs Monate postoperativ waren mit der Literatur vergleichbar.

Auch die statistisch signifikante Reduktion entspricht den Angaben in der Literatur.

4.2.4 Kyphoplastie

In unserer Arbeit bestand im Vergleich zur Literatur (15, 18, 23, 29, 47) kein statistisch signifikanter Unterschied bei der Versorgung mit oder ohne Kyphoplastie hinsichtlich der Nachsinterung.

Das Schmerzniveau war auf der visuellen Analogskala 6 Monate postoperativ mit im Mittel 3,9 Punkte (SD \pm 3,8) bei Patienten, die kyphoplastiert wurden und mit im Mittel 4,0 Punkte (SD \pm 1,3) bei Patienten, die nicht kyphoplastiert wurden gleich.

Auch beim ODI waren die Punkte mit durchschnittlich 19,5 Punkte (SD \pm 12,8.) in der Patientengruppe mit Kyphoplastie und durchschnittlich 20,1 Punkte (SD \pm 8,4 Punkte) in der Patientengruppe ohne Kyphoplastie gleich.

Aufgrund dieser Ergebnisse muss darüber diskutiert werden, ob eine ergänzende Kyphoplastie bei der Versorgung von osteoporotischen Wirbelkörperfrakturen sinnvoll ist.

Ein Kyphoplastieset der Fa. Medtronic kostete bei uns im Haus 721,21 €.

Der Erlös im DRG System eines bisegmentalen zementaugmentierten Fixateur interne in Kombination mit einer Kyphoplastie (1 Etage) betrug 4257,00 €.

Der Erlös eines bisegmentalen zementaufgmentierten Fixateur interne ohne Kyphoplastie betrug 3344,00 €.

Die Differenz betrug 913,00 € und würde bei uns im Haus die Kosten für das Kyphoplastieset decken. Jedoch ist zu berücksichtigen, dass sich durch die zusätzliche Kyphoplastie die Operationszeit verlängerte und damit Ressourcen gebunden waren. Durch die verlängerte Operationszeit steigen die Kosten ebenfalls, da eine Minute Operationszeit 6,05 € kostet.

Außerdem bestand das Risiko von Paravasten, Zementembolien oder toxischen Effekten (35).

4.2.5 Lokalisation

Bei unserer Nachuntersuchung bestand bei den Patienten, die eine Versorgung der LWS (n = 22) erhalten hatten eine statistisch signifikant geringere Nachsinterung als bei den Patienten, die eine Versorgung der BWS (n = 18) erhalten hatten (1,21°, vs 4,01°, p= 0,03).

Aufgrund der Verbindungen der Wirbelsäule mit den Rippen handelt es sich bei der Brustwirbelsäule um den Abschnitt mit der geringsten Beweglichkeit (2007, 45), während an der Lendenwirbelsäule eine Flexion von bis zu 60 – 70°, eine Reklination von bis zu 30° und eine Seitneigung von bis zu 30° möglich ist.

Es wäre somit zu erwarten, dass die Nachsinterung über der LWS ausgeprägter ist, als über der BWS.

Von den 18 Patienten, die mit einer osteoporotische Wirbelkörperfraktur der BWS versorgt wurden, hatten 14 Patienten eine instabile BWK 12 Fraktur. Ein Patient hatte eine BWK 9 Fraktur, zwei Patienten hatten eine BWK 8 Fraktur und ein Patient hatte eine BWK 7 Fraktur.

Die Versorgung der BWK 12 Frakturen erfolgte mit einem zementaugmentierten bisegmentalen Fixateur interne von BWK 11 auf LWK 1.

Durch die Instrumentierung entstand eine Verbindung zwischen dem Wirbelsäulenabschnitt mit der größten und der geringsten Beweglichkeit. Möglicherweise ist dies die Ursache für die statistisch signifikantere Nachsinterung.

4.3 Methodenkritik

Wir haben in dieser retrospektiven Studie insgesamt 40 Patienten nachuntersucht. Darunter waren 31 Frauen (77,5%) und 9 Männer (22,5%).

In Deutschland sind ca. 83% der osteoporoseerkrankten Frauen (19). Somit entspricht unsere Geschlechtsverteilung in etwa der Verteilung in der Bevölkerung.

Eingeschlossen wurden in unsere Studie Patienten ab dem 65. Lebensjahr. Der Altersdurchschnitt zum Zeitpunkt der Untersuchung betrug 77,5 Jahre (Standardabweichung (SD) \pm 6,9), der Median war 75 Jahre. Der jüngste Patient war 67 Jahre alt, der älteste Patient 94 Jahre alt.

Mit einer Differenz von 27 Jahren zwischen dem jüngsten und dem ältesten Patienten hatten wir eine große Altersspanne.

Zudem ist anzumerken, dass unser Patientenkollektiv im Vergleich zu anderen Arbeiten älter waren (4, 15, 23, 47).

Eine Bestimmung der Knochendichte erfolgte bei unserer Arbeit nicht. Es konnte somit keine zuverlässige Aussage über den Schweregrad der Osteoporose in unserem Patientenkollektiv getroffen werden.

Die Messung des Cobb – Winkels erfolgte mit Hilfe der Winkelmessfunktion des PACS Impax der Firma Agfa an den bereits vorhandenen präoperativen sowie unmittelbar postoperativ angefertigten Röntgenbildern sowie den bei der Nachuntersuchung angefertigten Röntgenbildern.

Da es sich um eine manuelle Messung handelte ist eine Messungenaugigkeit nicht auszuschließen.

Da die Messungen ausschließlich durch die Prüferin durchgeführt wurde konnte eine weitere Messungenaugigkeit ausgeschlossen werden.

Die Einschränkung der Lebensqualität sowie das aktuelle Schmerzniveau wurden anhand testtheoretisch abgesicherter Instrumente erfasst. Die Patienten

bekamen den Ostwestry Disability Index sowie die visuelle Analogskala bereits mit der Einladung zur Nachuntersuchung zugeschickt und brachten diese am Tag der Nachuntersuchung ausgefüllt mit.

Die Patienten füllten die Bögen also selbständig aus, so dass eine Beeinflussung ausgeschlossen werden kann.

Kritisch angemerkt werden muss, dass unser Nachuntersuchungszeitraum lediglich 6 Monate betrug und wir kein Vergleichskollektiv mit nicht zementaugmentierten Fixateur interne hatten.

Belastbare Literaturdaten mit Empfehlungen zur Versorgung von Patienten mit instabilen Wirbelkörperfrakturen im Alter bei Osteoporose sind kaum zu finden.

5. Zusammenfassung

Wirbelkörperfrakturen stellen die häufigste Manifestation einer Osteoporose dar. Mit der Versorgung instabiler Frakturen mittels minimal invasiven perkutanen zementaugmentiertem Fixateur interne wurde in den letzten Jahren ein Verfahren entwickelt, das biomechanisch eine bessere Verankerung der Pedikelschrauben im osteoporotischen Knochen erreichte und die Patienten wenig belastet.

Ziel dieser Arbeit war es zu klären, ob zementaugmentierte Fixateur interne der Wirbelsäule eine höhere Festigkeit, als nicht zementaugmentierte Fixateur interne haben.

Hierfür haben wir im Zeitraum von März 2012 bis Juli 2014 insgesamt 40 Patienten nachuntersucht, die aufgrund einer osteoporotischen Wirbelkörperfraktur der Brustwirbelsäule oder Lendenwirbelsäule einen bisegmentalen zementaugmentierten Fixateur interne erhalten hatten.

Bei allen Patienten wurden in den Röntgenaufnahmen (präoperativ, unmittelbar postoperativ sowie bei der Nachuntersuchung 6 Monate postoperativ) des betreffenden Wirbelsäulenabschnittes der Cobb – Winkel bestimmt.

Zusätzlich wurde bei den Patienten die Einschränkungen im Alltag mittels Oswestry Disability Index sowie das präoperative und aktuelle Schmerzniveau mittels numerischer visueller Analogskala erfasst.

Bei der statistischen Auswertung zeigte sich eine signifikante Nachsinterung 6 Monate postoperativ von $2,6^\circ$ bei einer im Mittel deutlichen Einschränkung im Alltag und einem signifikant reduzierten Schmerzniveau.

Durch die Zementaugmentation konnte eine Sinterung nicht vermieden werden und auch die Durchführung einer Kyphoplastie erbrachte keinen zusätzlichen Nutzen.

Mit 40 Patienten haben wir ein größeres Kollektiv untersucht, als bei den meisten anderen Arbeiten in der Literatur und unser Patientenkollektiv wies ein höheres Durchschnittsalter auf.

6. Abbildungs – und Tabellenverzeichnis

Abb. 1	AO – Klassifikation nach Magerl	Seite 3
Abb. 2	Drei – Säulen – Modell nach Denis	Seite 5
Abb. 3	Gefensterter Schrauben	Seite 8
Abb. 4	Injektion von Zement	Seite 8
Abb. 5	Injektion von Zement	Seite 9
Abb. 6	Intraoperatives Röntgenbild nach Zementapplikation	Seite 10
Abb. 7	Bestimmung des Cobb - Winkels	Seite 14
Abb. 8	Verteilung VAS 6 Monate postoperativ	Seite 21
Abb. 9	präoperatives MRT bei BWK 8 Fraktur	Seite 23
Abb. 10	postoperative Röntgenbilder bei BWK 8 Fraktur	Seite 24
Abb.11	Röntgenbilder 6 Monaten postoperativ bei BWK 8 Fraktur	Seite 25
Abb.12	präoperatives MRT bei BWK 12 Fraktur	Seite 26
Abb. 13	postoperative Röntgenbilder bei BWK 12 Fraktur	Seite 27
Abb. 14	Röntgenbilder 6 Monate postoperativ bei BWK 12 Fraktur	Seite 28
Abb. 15	präoperatives CT bei LWK 2 Fraktur	Seite 29
Abb. 16	postoperative Röntgenbilder bei LWK 2 Fraktur	Seite 30
Abb. 17	Röntgenbilder 6 Monate postoperativ bei LWK 2 Fraktur	Seite 31
Abb. 18	präoperatives MRT bei LWK 1 Fraktur	Seite 32
Abb. 19	postoperative Röntgenbilder bei LWK 1 Fraktur	Seite 33
Abb. 20	Röntgenbilder 6 Monate postoperativ nach LWK 1 Fraktur	Seite 34
Tab. 1	OF – Klassifikation	Seite 4
Tab. 2	Einengung des Spinalkanals	Seite 6
Tab. 3	Klassifikation nach OF	Seite 13
Tab. 4	Punktwert bei OF – Score	Seite 40

7. Literaturverzeichnis

1. Bartel R, Bartl Ch, 2004, Osteoporose-Manual, Diagnostik, Prävention und Therapie, Kapitel 1: 2–3, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg 2004
2. Becker S, Chavanne A, Spitaler R, Kropik K, Aigner N, Ogon M, Redl H (2008) Assessment of different screw augmentation techniques and screw designs in osteoporotic spines. *Eur Spine J* 17 (11): 1462-1469.
3. Burval DJ, McLain RF, Milks R, Inceoglu S (2007) Primary pedicle screw augmentation in osteoporotic lumbar vertebrae: biomechanical analysis of pedicle strength. *Spine* 32 (10) 1077-1083.
4. Chang MC, Liu CL, Chen TH (2008) Polymethylmethacrylate augmentation of pedicle screw for osteoporotic spinal surgery: a novel technique. *Spine* 33 (10): 317-324.
5. Chmielnicki M, Prokop A, Stenz R (2010) Unstable vertebral body fractures in elderly patients. How stable is percutaneous internal fixation. *J Orthop* 7: 1-10.
6. Chmielnicki M, Sagerer M, Stenz R, Prokop A (2012) Improvement of stability of percutaneous fixateur interne in osteoporotic bones of elderly people with cement augmented pedicle screws and kyphoplasty. *Eur Spine J* 21 (11): 2391-2392
7. Chmielnicki M, Stenz R, Prokop A (2010) Unstable Vertebral Body Fractures in Elderly Patients – How Stable is Percutaneous Internal Fixation? *J Orthopedics* 7: 4.
8. Choma TJ, Pfeiffer FM, Swope RW, Hirner JP (2012) Pedicle screw design and cement augmentation in osteoporotic vertebrae: effects of fenestrations and cement viscosity on fixation and extraction. *Spine* 37(26): 1628-1632.
9. Consensus Development Panel on Osteoporosis (2000) Osteoporosis: Prevention, Diagnosis and Therapy. *NIH Consens Statement* 17 (1): 1-36.
10. Dai F, Liu Y, Zhang F, Sun D, Luo F, Zhang Z, Xu J (2015) Surgical treatment of the osteoporotic spine with bone cement-injectable cannulated pedicle screw fixation: technical description and preliminary application in 43 patients. *Clinics* 70 (2): 114-119.
11. Denis F (1983) The three column spine and its significance in the classification of acute thoracolumbar spine injuries. *Spine* 8 (8): 817-831
12. Deutsche Gesellschaft für psychologische Schmerztherapie und – Forschung e. V., www.dgpsf.de

13. Dey A, McCloskey EV, Taube T, Cox R, Pande KC, Ashford RU, Forster M, de Takats D, Kanis JA (2000) Metacarpal morphometry using a semi-automate technique in the assessment of osteoporosis and vertebral fracture risk. *Osteoporos Int* 11: 953-958.
14. Fa. Medtronic, (2009) CD Horizon Fenestrated Screw Spinal System - Surgical Technique
15. Fuentes B, Metellus P, Gaudart, J, Adetchessi T, Dufour HS, Blondel B (2010) Percutaneous kyphoplasty and pedicle screw fixation for the management of thoraco-lumbar burst fractures. *Eur Spine J* 19: 1281-1287.
16. Gates TA, Moldavsky M, Salloum K, Dunbar GL, Park J, Bucklen B (2015) Biomechanical Analysis of a Novel Pedicle Screw Anchor Designed for the Osteoporotic Population. *World Neurosurg* (3 (6): 965-969.
17. Goost H, Kabir K, Wirtz DC, Deborre C, Karisu T, Pflugmacher R, Koch EM, Burger C, Fölsch C (2012) PMMA augmentation of pedicle screws. Results of a survey in Germany. *Z Orthop Unfall* 150 (3): 318-323
18. Gu F, Jiang X, Jia L, McGuire R (2013) Minimally invasive pedicle screw fixation combined with percutaneous vertebroplasty in the surgical treatment of thoracolumbar osteoporosis fracture. *J Neurosurg Spine* 18: 634-640.
19. Hadji P, Klein S, Grothe H, Häussler B, Kless T, Schmidt T, Steinle T, Verheyen F, Lindder R (2013) The epidemiology of osteoporosis – Bone Evaluation Study (BEST): an analysis of routine health insurance data. *Dtsch Arztebl Int* 110(4): 52-57.
20. <http://rcom.univie.ac.at/download.html#RExcel>
21. Keynan O, Fisher CG, Vaccaro A, Fehlings MG, Oner FC, Dietz J, Kwon B, Rampersaud R, Bono C, France J, Dvorak M (2006) Radiographic measurement parameters in thoracolumbar fractures: a systematic review and consensus statement of the spine trauma study group. *Spine* 31 (5): 156-165
22. Kolb JP, Weiser L, Kueny RA, Huber G, Rueger JM, Lehmann W (2015) Zementaugmentation an der Wirbelsäule – Was ist biomechanisch zu beachten? *Der Orthopäde* 44: 672-680
23. Korovessis A, Repantis T (2008) Minimal invasive short posterior instrumentation plus balloon kyphoplasty with calcium phosphate for burst and severe compression lumbar fractures. *Spine* 33: 658-667.
24. Lubansu A, Rynkowski M, Abeloos L, Appelboom G, Dewitte O (2012) Minimally Invasive Spinal Arthrodesis in Osteoporotic Population Using a Cannulated and Fenestrated Augmented Screw: Technical Description and Clinical Experience. *Minim Invasive Surg* 10: 1155-1166.

25. Mannion AF, Junge A, Fairbank JC, Dvorak J, Grob D. (2006) Development of a German version of the Oswestry Disability Index. Part 1: cross-cultural adaptation, reliability, and validity. *Eur Spine* 15: 55-65.
26. Margerl F, Aebi M, Gertzbein SD, Harms J, Nazarian S (1994) A comprehensive classification of thoracic and lumbar injuries. *Eur Spine J* 3 (4): 184-201.
27. Minne HW, Pfeiffer M, Begerow B, Pollähne W (2002) Osteoporose. *Orthopäde* 31: 681-699
28. Muche, R, Lanzinger, S, Rau M (2011) *Medizinische Statistik mit R und Excel. Einführung in die RExcel – und R – Commander – Oberfläche zur statistischen Auswertung.* Springer Verlag Heidelberg
29. Pflugmacher R, Agarwal A, Kandziora F, K-Klosermann C (2009) Ballon kyphoplasty combinend with posterior instrumentation fort he treatment of burs fractures oft he spine – 1 year result. *J Orthop Trauma* 23: 126-131.
30. Prokop A, Dolezych R, Chmielnicki M (2014) Kyphoplasty in the treatment of osteoportic spine fractures – experience with 1069 cases. *Z Orthop Unfall* 152 (4): 315-318.
31. Prokop A, Koukal C, Dolezych R, Chmielnicki M (2012) Minimalinvasive Versorgung von throrakolumblaen Wirbelfrakturen – Möglichkeiten du Grenzen. *Trauma Berufskrankh* 14: 335-343
32. Prokop A, Löhlein F, Chmielnicki M, Volbracht J (2008) Minimally invasive dorsale instrumentation with spine fractures. More expensive or even better? *Eur Spine J* 17:1612–1613.
33. Prokop A, Löhlein F, Chmielnicki M, Volbracht J (2009) Minimally invasive perutaneous instrumentation für spine fractures. *Unfallchirurg* 112: 621– 624, 626-628.
34. Ringe JD, 2003, *Osteoporose in der täglichen Praxis*, Kapitel 1, Seite 1-2, 2. Überarbeitete Auflage, Georg Thieme Verlag Stuttgart.
35. Rohmiller MT, Schwalm D, Glattes RC, Elalayli TG, Spengler DM (2002) Evaluation of calcium sulfate paste for augmentation of lumbar pedicle screw pullout strength. *Spine* 2 (4): 255-260.
36. Sawakami K, Yamazaki A, Ishikawa S, Ito T, Watanabe K, Endo N (2012) Polymethylmethacrylate augmentation of pedicle screws increases the initial fixation in osteoporotic spine patients. *J Spine Disord Tech* 25 (2): 28-35.

37. Schnake KJ, Hahn P, Franck A, Blattert T, Zimmermann V, Ullrich B, Gonschorek O, Müller M, Katscher S HF (2013) Development of a classification system (OF- classification) and of a score for therapeutic decision making (OF-score) für osteoporotic thoracolumbar fractures. Eur Spine J 22: 2590
38. Schomacher J (2008) Gütekriterien der visuellen Analogskala zur Schmerzbewertung. Physioscience 4: 125-133
39. Schürer C, Wallaschofski H, Nauck M, Völzke H, Schober HC, Hannemann A (2015) Fracture Risk and Risk Factors for Osteoporosis. Dtsch Arztebl Int 112: 21-22.
40. Soshi S, Shiba R, Kondo H, Murota K (1991) An experimental study on transpedicular screw fixation in relation to osteoporosis of lumbar spine. Spine 16 (11): 1335-1341
41. Wang C-Q, Zhou Y, Zhang Z-F, Wang J, Chu T-W (2010) Percutaneous pedicle screw fixation through the pedicle of fractured vertebra in the treatment of type A thoracolumbar fractures using Sextant system: an analysis of 38 cases. Chin J Traumatol 13: 137-145
42. Willburger RE, Knorth H (2003) Osteoporose der Wirbelsäule: Therapieoption und Präventionsstrategien. Dtsch Arztebl 100 (17): A-1120, B-942, C-885.
43. Wu Y-Q, Chen H-F, Su Y-Y, Zhu M, Zhu C-T (2013) Percutaneous kyphoplasty combined with the posterior screw-rod system in treatment of osteoporotic thoracolumbar fractures. Indian J Orthop 47: 230 -233.
44. www.destatis.de
45. www.harms-spinesurgery.com
46. www.traumascores.com
47. Zairi C, Tropiano P, Charles YP, Tonetti J, Fuentes S, Litrico S, Deramond H, Beaurian J, Orsel P, Delecrin J, Aebi M, Assaker R (2012) Minimally invasive management of thoraco-lumbar fractures: combined percutaneous fixation and balloon kyphoplasty. Orthop Traumatol Surg Res 98: 105-111.

8. Erklärung zum Eigenanteil

Die Arbeit wurde in dem Klinikum Böblingen – Sindelfingen, Kliniken Sindelfingen, Klinik für Unfallchirurgie, unter Betreuung von Prof. Dr. Axel Prokop durchgeführt.

Die Nachuntersuchungen der Patienten und die Auswertung der Röntgenbilder und Fragebögen wurden ausschließlich durch mich selbst durchgeführt.

Die statistische Auswertung der Arbeit erfolgte nach Anleitung durch Dr. Jan Jessen, Kliniken Sindelfingen, Klinik für Urologie, durch mich.

Ich versichere, das Manuskript selbständig verfasst zu haben und keine weiteren, als die von mir angegebenen, Quellen verwendet zu haben.

9. Veröffentlichungen

Teile der vorliegenden Arbeit wurden bereits in folgender Publikation veröffentlicht:

Chmielnicki M, Sagerer M, Stenz R, Prokop A (2012) Improvement of stability of percutaneous fixateur interne in osteoporotic bones of elderly people with cement augmented pedicle screws and kyphoplasty. Eur Spine J 21 (11): 2391-2392

10. Abkürzungsverzeichnis

Abb.	Abbildung
AO	Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen
BWS	Brustwirbelsäule
DGOU	Deutsche Gesellschaft für Orthopädie und Unfallchirurgie
DXA	Dual-Röntgen-Absorptionmetrie-Messung
Fa.	Firma
KI	Konfidenzintervall
LWS	Lendenwirbelsäule
ODI	Ostwestry Disability Index
OF	osteoporotische Wirbelfrakturen
PACS	Picture Archiving and Communication System
PMMA	Polymethylmethacrylat
SD	Standardabweichung
Tab.	Tabelle
VAS	visuelle Analogskala
WHO	World Health Organisation

11. Anhang

Oswestry Disability Index

Sehr geehrte Patientin, sehr geehrter Patient,

bitte füllen Sie diesen Fragebogen aus. Er soll uns darüber informieren, wie Ihre Rückenprobleme Ihre Fähigkeit beeinflussen, den Alltag zu bewältigen.

Wir bitten Sie, jeden 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 aufgrund von Schmerzen weniger als 6 Stunden.
- 3 Ich schlafe aufgrund von Schmerzen weniger als 4 Stunden.
- 4 Ich schlafe aufgrund 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 aufgrund 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 aufgrund 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 aufgrund von Schmerzen höchstens 1 Stunde unterwegs sein.
- 4 Ich kann aufgrund von Schmerzen nur kurze notwendige Fahrten unter 30 Minuten machen.
- 5 Schmerzen hindern mich daran, Fahrten zu machen, außer zur medizinischen Behandlung.

Visuelle Analogskala

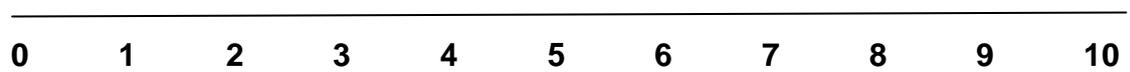
0 = keine Schmerzen

10 = stärkste vorstellbare Schmerzen

vor der Operation



aktuell



12. Lebenslauf

Manuela Maria Sagerer

geboren am 20.03.1981 in Engen/ Hegau

ledig

Schulbildung

1987 – 1988	Grundschule Pfohren – Donaueschingen
1988 – 1991	Eichendorff Grund – und Hauptschule Donaueschingen
1991 – 1997	Realschule Donaueschingen
1997 – 2000	Ernährungswissenschaftliches Gymnasium der Albert - Schweitzer – Schule Villingen – Schwenningen

Hochschulbildung

04/2001 – 05/2007	Studium der Humanmedizin an der Eberhard – Karls- Universität Tübingen
20/03/2003	Ärztliche Vorprüfung
18/05/2007	Ärztliche Prüfung
18/05/2007	Approbation als Ärztin

Berufliche Tätigkeit

seit 01.06.2007	Assistenzärztin in der Unfallchirurgischen Klinik Sindelfingen, Kliniken Sindelfingen – Böblingen, Chefarzt Prof. Dr. A. Prokop
17.07.2013	Facharztprüfung zur Fachärztin Orthopädie und Unfallchirurgie

13. Danksagung

Mein Dank gilt in erster Linie Prof. Dr. Prokop für die Unterstützung, Anregungen, die gute Betreuung und Geduld während der Entstehung dieser Arbeit.

Dr. Marc Chmielnicki, all meinen Kollegen, dem Team der chirurgischen Ambulanz und den Sekretärinnen danke ich für die Unterstützung und Hilfe bei der Durchführung dieser Arbeit.

Bei Dr. Jan Jessen bedanke ich mich für die Hilfe bei der statistischen Auswertung.

Ein großes Dankeschön gilt meiner Familie und meinen Freunden, die mich immer unterstützt und motiviert haben und auf die ich mich immer verlassen kann.

Danke.