

Aus der Orthopädischen Klinik und Poliklinik der
Ludwig-Maximilians-Universität München
Klinikum Großhadern

Direktor Prof. Dr. med. Dipl. Ing. V. Jansson

Kyphoplastie: Retrospektive Untersuchung
an 67 osteoporotischen Wirbelkörperfrakturen

Dissertation
zum Erwerb des Doktorgrades der Medizin
an der Medizinischen Fakultät der
Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von

Franz Hierl

aus
Passau

Jahr
2007

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

Berichterstatter: Prof. Dr. med. habil. Dr. Ing. W. Plitz

Mitberichterstatter: Prof. Dr. K. J. Pfeifer

**Mitbetreuung durch den
Promovierten Mitarbeiter:** Dr. E. Höcherl

Dekan: Prof. Dr. med. D. Reinhardt

Tag der mündlichen Prüfung : 21.06.2007

Pro parentes et uxori optimae

Inhaltsverzeichnis

1	EINLEITUNG.....	0
1.1	ALLGEMEINES	1
1.2	ZIEL DER ARBEIT	4
2	PROBLEMSTELLUNG	5
3	STAND DER TECHNIK, LITERATURÜBERSICHT	9
3.1	FRAKTURTYPEN	9
3.1.1	<i>Osteoporotische Frakturtypen.....</i>	9
3.1.2	<i>Traumatische Frakturtypen</i>	10
3.2	DIAGNOSTIK.....	16
3.2.1	<i>Körperliche Untersuchung</i>	16
3.2.2	<i>Konventionelle radiologische Diagnostik</i>	17
3.2.3	<i>Computertomographie.....</i>	17
3.2.4	<i>Szintigraphie.....</i>	19
3.2.5	<i>Kernspintomographie</i>	19
3.3	VERFAHREN UND OPERATIVE TECHNIK	21
3.3.1	<i>Entwicklungsgeschichte.....</i>	21
3.3.2	<i>Operationstechnik Kyphoplastie</i>	22
3.3.2.1	<i>Anästhesie und präoperatives Management.....</i>	22
3.3.2.2	<i>Zugangswege.....</i>	23
3.3.2.3	<i>Kyphoplastie</i>	30
3.4	INDIKATIONEN.....	39
3.4.1	<i>Osteoporotische Frakturen.....</i>	39
3.4.2	<i>Chronische Prozesse</i>	40
3.4.3	<i>Traumatische Frakturen.....</i>	40
3.4.4	<i>Neoplastische Frakturen</i>	43
3.4.5	<i>Adjuvante Stabilisierung</i>	44
3.5	KONTRAINDIKATIONEN	48
3.5.1	<i>Relative Kontraindikationen.....</i>	48
3.5.2	<i>Absolute Kontraindikationen.....</i>	50
3.6	KOMPLIKATIONEN UND FEHLERQUELLEN	53
3.6.1	<i>Präoperative Fehlerquellen.....</i>	53
3.6.2	<i>Komplikationen.....</i>	53
3.6.2.1	<i>Allgemeine Komplikationen</i>	53
3.6.2.2	<i>Zementextrudat</i>	55
3.6.2.3	<i>Anschlussfrakturen.....</i>	62
3.7	REALIGNMENT UND OUTCOME.....	67
3.7.1	<i>Analgetischer Effekt.....</i>	67
3.7.2	<i>Realignment.....</i>	68
3.7.3	<i>Outcome.....</i>	70
4	PATIENTENGUT	72
4.1	MATERIAL.....	72
4.2	METHODEN	78

5	ERGEBNISSE	80
5.1	AUSWERTUNGEN DER SCORES.....	80
5.2	ZEMENTEXTRUDAT	89
5.3	ANSCHLUSSFRAKTUREN	91
5.4	KYPHOSEWINKEL	92
5.5	KYPHOSEWINKEL PRÄ- UND POSTOPERATIV IN ABHÄNGIGKEIT ZUM FRAKTUR- ALTER.....	93
5.6	INTRAOPERATIVE DEKYPHOSIERUNG UND POSTOPERATIVE REKYPHOSIERUNG .	94
5.7	FRAKTURALTER, INTRAOPERATIVE DEKYPHOSIERUNG UND POSTOPERATIVE REKYPHOSIERUNG.....	95
5.8	FRAKTURALTER UND POSTOPERATIVE REKYPHOSIERUNG.....	96
5.8.1	<i>Benefit, Leckage und Rekyphosierung</i>	97
5.8.2	<i>Benefit und Kyphosierung des Gesamtkollektivs</i>	99
5.9	DAUER DES STATIONÄREN AUFENTHALTES UND ANZAHL DER NEBEN- DIAGNOSEN PRO SCORE	100
5.10	OUTCOME IN BEZUG AUF VORHANDENSEIN VON ÄLTEREN UND FRISCHEN FRAKTUREN	103
6	DISKUSSION	105
7	ZUSAMMENFASSUNG	109
8	AUSBLICK	111
9	LITERATURVERZEICHNIS	112
10	DANKSAGUNG	128
11	ANHANG (UNTERSUCHUNGSERGEBNISSE)	129
11.1	SCORES:	129
11.2	DIAGRAMME: VAS/ODI/RMQ PRO PATIENT.....	143
11.3	ABKÜRZUNGEN	153
12	LEBENS LAUF	154

1 Einleitung

1.1 Allgemeines

Einer der wichtigsten und häufigsten Vertreter der Erkrankungen der Haltungs- und Bewegungsorgane ist die Osteoporose. Definitionsgemäß (WHO 1993) handelt es sich bei der Osteoporose um eine „systemische Skeletterkrankung mit einer Verminderung der Knochenmasse und einer Verschlechterung der Mikroarchitektur des Knochengewebes mit entsprechend reduzierter Festigkeit und erhöhter Frakturneigung“, wobei diesem Effekt ein Missverhältnis der Osteoklasten- und Osteoplastentätigkeit zugrunde liegt (Abbildung 1).

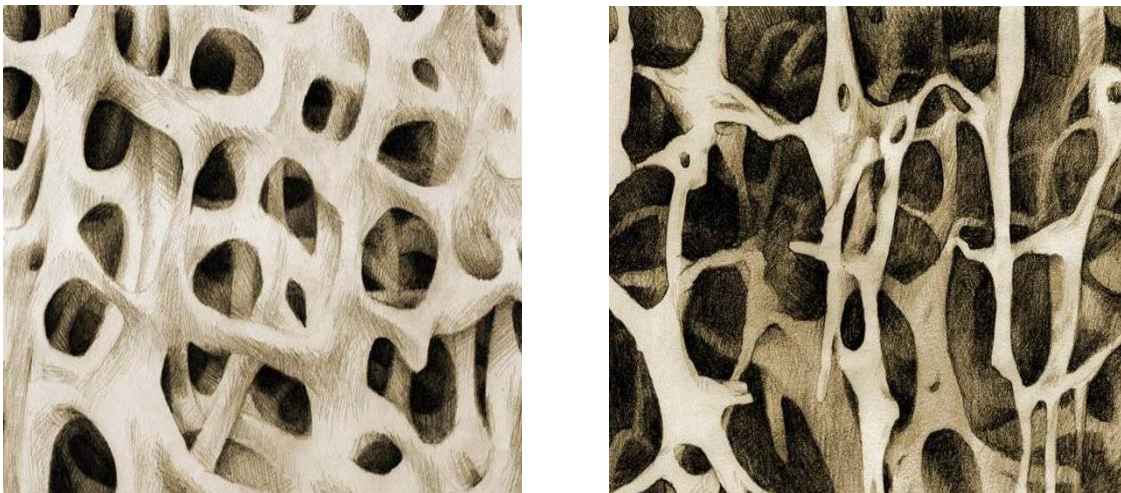


Abbildung 1: Nach Kyphon Inc. Sunnyvale USA.

NORMALE SPONGIÖSE KNOCHENSTRUKTUR

OSTEOPOROTISCHE KNOCHENSTRUKTUR

In den USA leiden 13-18% der Frauen und 3-6% der Männer an Osteoporose, und 37-50% der Frauen bzw. 28-47% der Männer haben messtechnisch eine Osteopenie, die eine Vorstufe zur Osteoporose darstellt [Bartl et al. 2003]. Hier wird das Risiko für eine 50-jährige Frau oder einen Mann, in der verbleibenden Lebenszeit eine osteoporotische Fraktur zu erleiden, mit 40 bzw. 13% eingeschätzt [Krepler et al. 2003].

Die osteoporotische Fraktur stellt als Endpunkt des Krankheitsbildes für den einzelnen Patienten den Hauptfaktor in der Einschränkung seiner Lebensqualität und gesundheitsökonomisch den Hauptkostenfaktor dar [Götte et al.

2001]. Die Betreuung von Osteoporosepatienten verursacht allein in Deutschland Kosten von rund 10 MRD Euro/Jahr, mit steigender Tendenz [Vogel et al. 2005].

Das Alter selbst ist der größte Risikofaktor für eine osteoporotische Fraktur, wobei eine Reihe von hormonellen und weiteren Umwelteinflüssen das Osteoporoserisiko erhöhen können [Görtz et al. 2001], so haben z.B. Frauen, bei denen die Menarche erst mit einem Alter von 16 und älter einsetzt, ein erhöhtes Risiko einer osteoporotischen Wirbelkörperfraktur [Roy et al. 2003].

Prädilektionsstellen für Frakturen liegen sowohl im Achsenskelett, vornehmlich Brust- und Lendenwirbelsäule, als auch an den langen Röhrenknochen, hier hauptsächlich Schenkelhals und distaler Unterarm. Zahlenmäßig überwiegen aber die Frakturen der Wirbelsäule [Van der Klift et al. 2002].

In Deutschland sind bei nahezu 2 Mio. Frauen und knapp 800.000 Männern solche osteoporotischen Wirbelkörpereinbrüche bereits aufgetreten. Jährlich kommen ca. 70.000 Patienten mit neuen Wirbelkörperfrakturen hinzu [Minne et al. 2002].

Manche dieser Frakturen zeigen einen relativ benignen klinischen Verlauf mit einem Nachlassen der Beschwerden innerhalb weniger Wochen. Andere jedoch haben weiter reichende Konsequenzen mit einer lang dauernden Schmerzhaftigkeit sowie einem Höhenverlust und insbesondere einer Kyphosierung des Wirbelkörpers mit entsprechender Fehlhaltung der Wirbelsäule. Diese Veränderungen sind eindeutig korreliert mit einer Verschlechterung der statischen Eigenschaften.

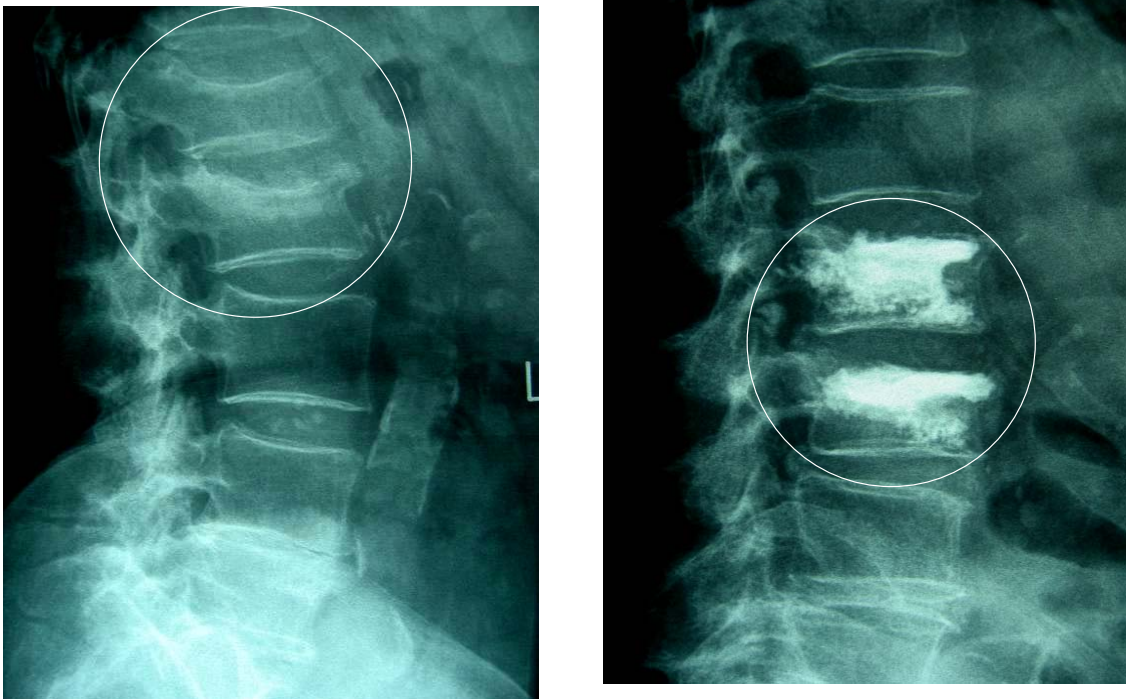
Das therapeutische Spektrum bei manifesten Frakturen reicht von konservativen Therapiemaßnahmen mit Analgesie / Bettruhe und Korsett- oder Miederbehandlung zur Mobilisation bis hin zu aufwändigen, stabilisierenden Eingriffen. Für viele Patienten sind jedoch aufgrund wesentlicher Begleiterkrankungen größere chirurgische Eingriffe nicht mehr zumutbar. Zudem ist die Fixationskraft von Implantaten im osteoporotischen Knochen deutlich vermindert.

In den letzten Jahren haben sich Verfahren etabliert, betroffene Wirbelkörper perkutan mit Knochenzement zu füllen. Ziel dieser „Vertebroplastiken“ ist es, mit

einem minimalen Eingriff eine schnelle Restabilisierung des Wirbelkörpers zu erreichen und die Patienten möglichst rasch schmerzreduziert mobilisieren zu können. Eine Erweiterung dieser Technik ist mit der „Kyphoplastie“ gegeben (Abbildung 2), bei der vor der definierten Augmentierung versucht wird, mit Hilfe eines Ballons eine Reposition der kyphotisch eingedrückten Wirbelkörperdeckplatte zu erreichen [Berlemann et al. 2002].

1.2 Ziel der Arbeit

Ziel dieser Arbeit ist, diese Möglichkeit der Frakturposition und Frakturretention mit einhergehender Schmerzreduktion durch Kyphoplastie (Abbildung 2) am eigenen Patientengut zu untersuchen.



**Abbildung 2: Wirbelkörperinteraktionsfraktur LWK II/III.
Vor und nach Augmentierung durch Kyphoplastie.
Eigenes Patientengut.**

2 Problemstellung

Europaweit liegt die Inzidenz für eine Wirbelkörperfraktur in einem Altersbereich von 50-79 Jahren für Frauen bei 1,1%, für Männer bei 0,6% pro Jahr [Felsenberg et al. 2002]. Zunehmendes Alter, ein geringer BMD und die Anwesenheit von vorbestehenden Wirbelkörperdeformitäten sind signifikante Prädiktoren für eine Wirbelkörperfraktur [O`Neill et al. 2002].

Die Zunahme des Risikos für eine nachfolgende symptomatische Fraktur bei präexistenter Deformität ist zwischen 2 - 2,8 erhöht [Pongchaiyakul et al. 2005]. Definiert wird die osteoporotische Deformität radiologisch in einer Abnahme der Wirbelkörperhöhe um 15-20%, wobei nur 25-30% dieser Deformitäten klinisch primär durch vermehrte Rückenschmerzen, Verminderung der täglichen Aktivitäten und erhöhter Bettruhe einhergehen [Nelson et al. 2001].

Unter diesen Voraussetzungen kommt es dann letzten Endes wegen repetitiver Lastwechsel zum Frakturereignis, die zu einer Ermüdung des spongiösen Knochens und somit zu einer Akkumulation von Mikrofrakturen führen. Auch ein einmaliges „low-energy“ Traumaereignis führt zu einer Überlastung des Wirbelkörpers mit nachfolgender Fraktur [Lane et al. 2003].

Von diesen stattgehabten Frakturen kommen aber nur 1/3 klinisch zum Tragen, 2/3 bleiben bei solitären Frakturen und geringer Impression zunächst asymptomatisch [Fechtenbaum et al. 2005].

Das Risiko, bei einer bestehenden Wirbelkörperfraktur im folgenden Jahr eine weitere Wirbelkörperfraktur zu erleiden, steigt auf das 4-fache gegenüber Frauen ohne vorbestehende Wirbelkörperfrakturen [Klotzbuecher et al. 2000], bei 2 und mehr Frakturen erleiden 24% der Frauen eine neue Wirbelkörperfraktur im folgendem Jahr [Lindsay et al. 2001].

Diese Frakturen führen zu einer zunehmenden kyphotischen Deformität (Abbildung 3) der Wirbelsäule mit Änderung der Biomechanik, was ebenfalls das weitere Frakturrisiko 5-fach erhöht [Grohs et al. 2004].



Abbildung 3: MRT einer HWS und BWS mit Sinterungsfraktur BWK VI und deutlicher Kyphosierung. Eigenes Patientengut.

Unter einer Kyphose versteht man eine in der Sagittalebene nach hinten konvexe Krümmung der Wirbelsäule. Sie entsteht, wenn die anterioren und/oder posterioren lastübertragenden Elemente der Wirbelsäule überlastet oder geschädigt sind. Keilförmige Wirbelkörper können dabei auf einer oder mehreren Etagen auftreten. Ein keilförmiger Wirbelkörper führt zu einer stärkeren Krümmung der Wirbelsäule und damit zu einer Verlagerung des Schwerpunktes der Körperteile oberhalb des entsprechenden Wirbelkörpers nach ventral, wodurch das von der Wirbelsäule aufzunehmende Flexionsmoment erhöht wird (Abbildung 4, 5). Eine muskuläre Kompensationsmöglichkeit gibt es praktisch nicht. Kompensatorisch kommt es aber zu einer hyperlordotischen Einstellung der Nachbarsegmente, was wiederum zu einer Fehlbelastung und damit zu einem frühzeitigen Verschleiß der kleinen Wirbelgelenke führt. Dementsprechend ist es vordringlich, bei der operativen Rekonstruktion das sagittale Profil der Wirbelsäule wieder herzustellen [Rohlmann et al. 2001].

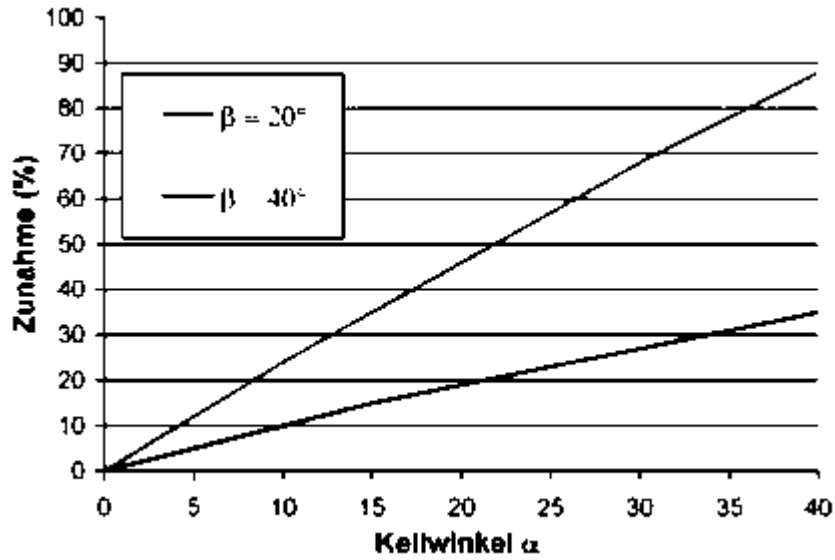


Abbildung 4: Nach Rohlmann et al. 2001.
Relative Zunahme des Flexionsmomentes in
Abhängigkeit vom Keilwinkel α .

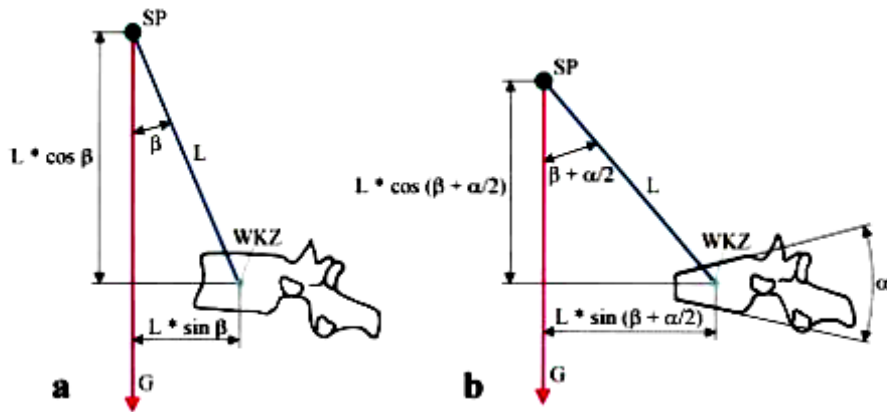


Abbildung 5: Nach Rohlmann et al. 2001.
Vereinfachtes Modell zur Berechnung des Flexionsmomentes:
a: Intakter Wirbelkörper, b: Keilförmiger Wirbelkörper
WKZ Wirbelkörperzentrum, SP Schwerpunkt des Partialkörpers
G Partialkörpergewicht, α Keilwinkel, β Winkel zwischen Verbindungslinie SP-WKZ und Lot.

Aus der zunehmenden Kyphosierung resultieren kosmetische, physiologische, neurologischen und funktionelle Konsequenzen. So kommt es z.B. zu einer Kompression der thorakalen und abdominalen Organe, was zu einer Abnahme der Vitalkapazität und gastrointestinalen Störungen führt.

Ein kyphotisch eingebrochener Wirbelkörper hat eine Verminderung der Vitalkapazität von 9% zur Folge [Rao et al. 2003]. Insgesamt haben diese Patienten ein um 23-34% erhöhtes Mortalitätsrisiko [Kado et al. 1999].

Zunächst steht aber bei den betroffenen Patienten der akute oder aber progredient zunehmende chronische Rückenschmerz im Vordergrund.

Durch konservative Methoden kommt es aufgrund von Inaktivität im Rahmen der Bettruhe zu einer Verstärkung der bereits bestehenden Osteoporose, zudem erfolgt bei dieser Behandlung keine Revidierung der veränderten statischen Komponenten an der Wirbelsäule.

Bei der Instrumentation eines Wirbelsäulenabschnitts von Patienten mit manifester Osteoporose sieht sich der Operateur jedoch schon bei der Stabilisierung und erst recht bei der Korrektur von Anteilen der Wirbelsäule mit erheblichen Problemen konfrontiert, da die Verankerung der üblichen Wirbelsäulenimplantate, v. a. bei kurzstreckigen Instrumentationen und Korrekturen erheblicher Fehlstellungen, massive Probleme bereitet [Klößner et al. 2001].

Bei relativ hohen Komorbiditäten in dieser Patientengruppe und der fehlenden Fixationskraft der Implantate wird aber auch heute noch oft der konservative Behandlungsweg eingeschlagen, trotz Kenntnis der schon dargestellten demographischen Untersuchungen, auch in Bezug auf die doch sehr großen Eingriffe und der damit verbundenen Komplikationen.

3 Stand der Technik, Literaturübersicht

3.1 Frakturtypen

Unter dem Begriff Fraktur wird gemeinhin eine akute Kontinuitätsdurchtrennung von Knochengewebe verstanden. Dabei liegt stets ein definiertes Trauma vor, das vom betroffenen Patienten als akutes Ereignis erlebt wurde und entsprechend auch anamnestisch eruierbar ist.

3.1.1 Osteoporotische Frakturtypen

Daneben gibt es weitere Frakturtypen, bei denen kein einmaliges oder eindeutiges Frakturereignis zu eruieren ist. Diese Frakturen mit inadäquatem Trauma oder so genannte atraumatische Frakturen treten gehäuft im höheren Lebensalter auf. Zu unterscheiden ist aber zwischen pathologischen Frakturen, d.h. Brüchen an Skelettstellen, die zuvor durch z.B. ossäre Metastasen, einer Knochenzyste oder einem malignen primären Knochentumor partiell destruiert waren, und Spontanfrakturen von diffus osteoporotischen oder osteomalazischen Knochen. Röntgenmorphologisch werden Keilwirbel, bikonkave Fischwirbel und Plattwirbel unterschieden. Entsprechend der unterschiedlichen mechanischen Hauptbelastung der Wirbelsäulenvorderkante oder -mitte treten Keilwirbel vor allem in der BWS und Fischwirbel in der LWS auf (Abbildung 6) [Meeder et al. 2003].

Die Probleme, die in Bezug auf Frakturen bei der osteoporotischen Wirbelsäule entstehen, können als (a) akute und subakute unisegmentale Frakturen, (b) Frakturen mit persistierender Instabilität, (c) multiple Frakturen mit progressiv schleichendem Wirbelkörperkollaps und einhergehendem Verlust der sagittalen Balance und Haltung, und (d) Wirbelkörperfrakturen mit nachfolgender Spinalstenose und neuraler Kompressionssymptomatik klassifiziert werden.

Bis auf die letztgenannte Gruppe, bei der zur Armierung eine zusätzliche neurale Dekompression und interne Stabilisierung zu erfolgen hat, können die

anderen drei Gruppen durch eine perkutane Augmentierung von einer deutlichen Schmerzreduzierung profitieren [Heini 2005].

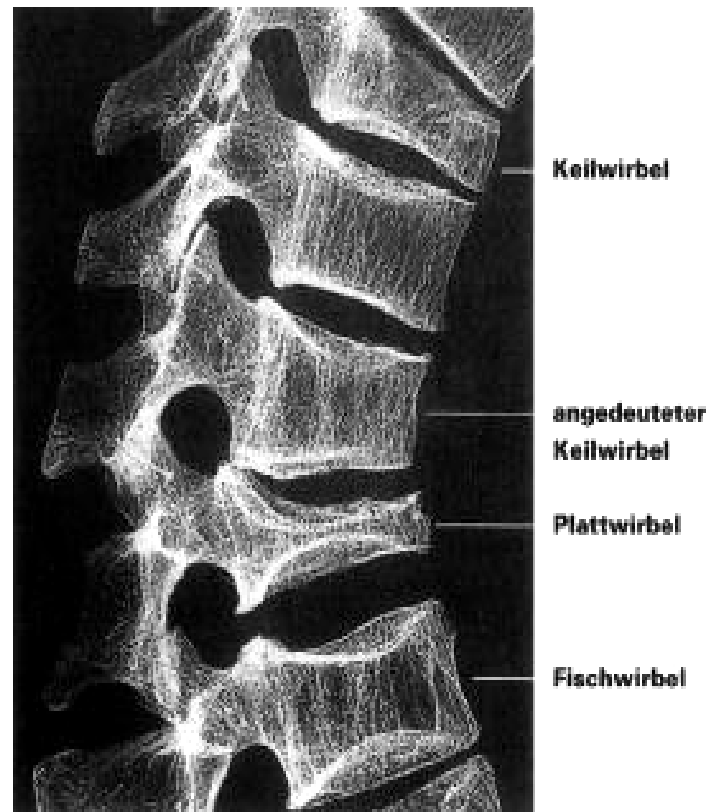


Abbildung 6: Nach Meeder et al. 2003.

3.1.2 Traumatische Frakturtypen

Die traumatischen Wirbelkörperfrakturen unterscheiden sich wesentlich von den osteoporotischen Wirbelkörperfrakturen hinsichtlich ihrer Entstehung, Klassifikation und Behandlung. Im Gegensatz zur Osteoporosefraktur, die meist spontan oder durch ein inadäquates Gelegenheitstrauma entsteht, liegt den traumatisch bedingten Frakturen eine echte nachvollziehbare Gewalteinwirkung gegen die Wirbelsäule zugrunde.

Eine Klassifikation dieser Wirbelkörperfrakturen sollte, basierend auf leicht erkennbaren und konsistenten, radiologischen und klinischen Charakteristika, die Identifikation jeder Verletzung mittels eines einfachen Algorithmus ermöglichen. Sie muss zudem knapp, präzise und anschaulich beschreiben, Information hinsichtlich des Verletzungsausmaßes liefern und Entscheidungshilfe für die Therapieplanung geben.

Zahlreiche Klassifikationen der Wirbelsäulenfrakturen wurden entwickelt, die geforderten Kriterien jedoch nicht zur Gänze erfüllt. Magerl (Magerl et al. 1994) entwickelte daher eine umfassende Klassifikation für die BWS und LWS, die von der Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen (AO) übernommen wurde (siehe Tabelle 1-3) [Rieger et al. 2006].

Basis sind radiologisch erkennbare, pathomorphologische Charakteristika der Fraktur.

Es werden 3 Hauptgruppen (Typen) mit typischem Verletzungsmuster unterschieden:

Typ A: Wirbelkörperkompression

Typ B: Verletzung des vorderen und hinteren Wirbelelements mit Distraction

Typ C: Verletzung des vorderen und hinteren Wirbelelements mit Rotation.

Entsprechend dem allgemeinen AO-Raster wird jeder Frakturtyp in je 3 Gruppen und Subgruppen unterteilt. Das 2-Säulen-Modell dient als Grundlage, isolierte Frakturen der Processi transversi et spinosi werden nicht berücksichtigt. Aufsteigende Rangordnung bedeutet zunehmenden Schweregrad der Verletzung hinsichtlich Instabilität und neurologischem Defizit.

1) Typ A Frakturen (Wirbelkompressionsfrakturen)

Die Frakturen betreffen den Wirbelkörper (vordere Säule) und sind durch axiale Kompression, mit oder ohne Flexion, verursacht. Die hintere Säule ist, wenn überhaupt, unwesentlich verletzt (durch einen Längsbruch), der posteriore Bandkomplex ist intakt, es besteht keine Translation in sagittaler Ebene. Stabile Frakturen sind schmerzarm, instabile verursachen aufgrund der Schmerzen eine Bewegungseinschränkung (siehe Tabelle 1).

A1-Frakturen: Es handelt sich um stabile Frakturen mit Deformität der Wirbelkörper durch Kompression. Es liegt keine Fragmentation vor. Die hintere Wirbelkörperkante ist intakt, der Spinalkanal ist nicht eingengt.

A2-Frakturen: Sie sind Spaltfrakturen mit einem unterschiedlichen Ausmaß an Dislokation der Hauptfragmente. Eine Bandscheibenverlagerung in den Frakturspalt ist möglich.

A3-Frakturen: Es liegt eine (in)-komplette Berstung des Wirbelkörpers mit Beteiligung der Hinterkante, mit möglicher Fragmentierung in den Spinalkanal und potenzieller Nervenschädigung vor. Der Wirbelbogen (hintere Säule: Processus spinosus oder Lamina) ist, wenn beteiligt, immer längs gespalten und verursacht keine Instabilität.

Typ A-Verletzung

A1. Wirbelkörperimpaktion	A1.1	Endplatteneinbruch
	A1.2	Keilfraktur
	.1	Kranialer Keilbruch
	.2	Lateraler Keilbruch
A2. Spaltbruch	.3	Kaudaler Keilbruch
	A1.3	Wirbelkörperkollaps
	A2.1	Sagittaler Spaltbruch
	A2.2	Koronarer Spaltbruch
	A2.3	Kneifzangenbruch
	A3. Berstungsbruch	A3.1
.1		Kranialer inkompletter Berstungsbruch
.2		Lateraler inkompletter Berstungsbruch
.3		Kaudaler inkompletter Berstungsbruch
A3.2		Berstungspaltbruch
.1		Kranialer Berstungspaltbruch
.2		Lateraler Berstungspaltbruch
.3		Kaudaler Berstungspaltbruch
A3.3		Kompletter Berstungsbruch
.1		Pinzer-Berstungsbruch
.2		Kompletter Flexionsberstungsbruch
.3		Kompletter axialer Berstungsbruch

Tabelle 1: Nach Rieger et al. 2006.

2) Typ B Frakturen

Verletzungen der vorderen und hinteren Säule mit Distraction.

Das Hauptkriterium ist eine horizontale Zerreißung der vorderen und/oder hinteren Säule. Die Flexions-Distraktions-Verletzung geht mit hinterer Zerreißung und Distanzierung (Typ B1 und B2), die Hyperextensionsverletzung mit vorderer Zerreißung und Aufweitung (Typ B3) einher. Sagittale Wirbelkörperverschiebungen können zumindest potenziell vorliegen. Ein neurologisches Defizit ist häufig vorhanden (Tabelle 2).

B1-Frakturen:

Es liegen eine hintere, ligamentäre Zerreißung mit beidseitiger Subluxation, Dislokation und Facettenfraktur sowie eine Verletzung der hinteren Säule kombiniert mit einer horizontalen Diskuszerreiung oder einem Typ A-Bruch des Wirbelkorpers, Instabilitäten hinsichtlich der Flexion (reine Flexions-Subluxations-Verletzungen) der Flexion und Hyperextension (bei zusätzlicher diskoligamentrer Zerreißung) sowie hinsichtlich der axialen Belastung vor. (B1-Frakturen kombiniert mit einer instabilen Typ A-Verletzung) (Tabelle 2).

Typ B-Verletzungen

B1. Posteriore, hauptsächlich ligamentäre Zerreißung (Flexions – Distraaktions - Verletzung)	B1.1	Mit transversaler Zerreißung der Bandscheibe	
		.1 Flexion-Subluxation	
		.2 Anteriore Luxation	
	B1.2	Flexion-Subluxation/ anteriore Luxation mit Bruch der Gelenkfortsätze	
		Mit Typ A-Bruch des Wirbelkorpers	
		.1 Flexion-Subluxation mit Typ A-Bruch	
B2. Posteriore, hauptsächlich ossäre Zerreißung (Flexions – Distraaktions - Verletzung)	B2.1	Transversaler 2-Säulen-Bruch	
		B2.2	Mit transversaler Zerreißung der Bandscheibe
		.1	Zerreißung durch Pedikel und Bandscheibe
		.2	Zerreißung durch Pars interartikularis und Bandscheibe (Flexionsspondylose)
	B2.3	Mit Typ A-Bruch des Wirbelkorpers	
		.1	Bruch der Pedikel und Typ A-Bruch
B3. Anteriore Zerreißung durch die Bandscheibe (Hyperextensions - Scherverletzung)	B3.1	Hyperextension-Subluxation	
		.1	Ohne Verletzung der hinteren Säule
		.2	Mit Verletzung der hinteren Säule
		B3.2	Hyperextensionsspondylyse
	B3.3	Posteriore Luxation	

Tabelle 2: Nach Rieger et al. 2006.

3) Typ C Frakturen

Verletzungen der vorderen und hinteren Säule mit Rotation.

Die Rotationskomponente ist häufig von einer Typ A oder Typ B-Verletzung (1. und 2. Subgruppe) überlagert, die 3. Subgruppe umfasst allgemein instabile Rotations-Scher-Verletzungen. Typ C-Verletzungen haben die höchste Rate an neurologischer Symptomatik. Potenziell sind Wirbelkörperdislokationen in alle horizontalen Richtungen möglich. Diskus und alle Längsbänder können rupturiert sein (Tabelle 3).

C1-Frakturen: Bei diesem seltenen Verletzungstyp handelt es sich um Typ A-Frakturen (Keil-, Spalt-Berstungsfraktur) mit Rotation und meist einseitig intakter Wirbelkörperwand.

C2-Frakturen: Bei diesen häufigsten Typ C-Verletzungen handelt es sich um Typ B-Frakturen (Flexions-Distraktions-Verletzung) mit Rotation.

C3-Frakturen: Es liegt eine Rotations-Scher-Verletzung, häufig thorakolumbal und lumbal vor. Es handelt sich um die bei weitem instabilste Fraktur [Rieger et al. 2006).

Die Behandlungsstrategie ergibt sich aus den patienten- und frakturelevanten Variablen.

Zu den patientenbezogenen Daten gehören Alter, Grunderkrankung, Mobilität vor dem Unfall, Schmerzcharakteristik, Injury-severity-Score (ISS) und allgemeiner Gesundheitszustand.

Typ C-Verletzung

- | | |
|--|--|
| C1. Typ A-Verletzung mit Rotation
(Kompressionsverletzung mit Rotation) | <ul style="list-style-type: none"> C1.1 Rotationskeilbruch C1.2 Rotationsspaltbruch <ul style="list-style-type: none"> .1 Sagittaler Spaltbruch mit Rotation .2 Koronarer Spaltbruch mit Rotation .3 Pinzer-Bruch (zangenförmiger Bruch) mit Rotation C1.3 Rotations-Berstungs-Bruch <ul style="list-style-type: none"> .1 Inkompletter Berstungsbruch mit Rotation .2 Berstungsspaltbruch mit Rotation .3 Kompletter Berstungsbruch mit Rotation |
| C2. Typ B-Verletzung mit Rotation | <ul style="list-style-type: none"> C2.1 Typ 1-Verletzung mit Rotation
(Flexions-Distraktions-Verletzung mit Rotation) <ul style="list-style-type: none"> .1 Flexion-Subluxation |

		mit Rotation
		.2 Flexion-Subluxation mit Rotation mit einseitigem Gelenksatzbruch
		.3 Einseitige Dislokation
		.4 Anteriore Dislokation ohne/mit Gelenkfortsatzbruch
		.5 Flexion-Subluxation mit Rotation ohne/mit einseitigem Gelenkfortsatzbruch und Typ A-Bruch
		.6 Einseitige Dislokation und Typ A-Bruch
		.7 Anteriore Dislokation ohne/mit Gelenkfortsatzbruch und Typ A-Bruch
	C2.2	B2-Verletzung mit Rotation (Flexions-Distraktions-Verletzung mit Rotation)
		.1 Transversaler 2-Säulen-Bruch mit Rotation
		.2 Einseitige Flexionsspondylolyse mit Bandscheibenzerreißung
		.3 Einseitige Flexionsspondylolyse und Typ A-Bruch
	C2.3	B3-Verletzung mit Rotation (Hyperextensions-Scher-Verletzung mit Rotation)
		.1 Hyperextension-Subluxation mit Rotation ohne/mit Bruch der dorsalen Wirbelemente
		.2 Einseitige Hyperextensionsspondylolyse
		.3 Posteriore Dislokation mit Rotation
C3. Rotations-Scher-Verletzungen	C3.1	Slice (querer) Bruch
	C3.2	Obliquer (schräger) Bruch

Tabelle 3: Nach Rieger et al. 2006.

Zu den frakturrelevanten Daten zählen Frakturtyp, mögliche Begleitverletzungen der benachbarten Bandscheiben und der Ligamente, Anzahl der frakturierten Wirbelkörper und Knochenqualität [Hauck et al. 2005].

3.2 Diagnostik

Von den diagnostizierten Frakturen sind 84% symptomatisch, 25% aller Patienten mit Wirbelkörperfrakturen werden stationär behandelt. Dennoch erfolgt die Diagnose nicht selten erst Monate bis Jahre nach dem Frakturereignis, nachdem bereits multiple Frakturen oder ein ausgeprägter Höhenverlust des betroffenen Wirbelkörpers eingetreten ist und der Patient über chronische Rückenschmerzen klagt.

3.2.1 Körperliche Untersuchung

Primäre Diagnostik stellt nach wie vor die körperliche Untersuchung dar.

Klinisch äußert sich eine Wirbelkörperfraktur durch Schmerzen im betroffenen Wirbelsäulenabschnitt, die nach paravertebral oder gürtelförmig bis nach ventral ausstrahlen können. Je nach Ausdehnung der Verletzung besteht eine Geh-, Steh- und Bewegungseinschränkung [DaFonseca et al. 2006]. Im Verlauf klingen diese lokalen Schmerzen ab und es bildet sich ein unter Belastung akzentuierter Spannungsschmerz, der über den gesamten Rücken ausstrahlt. Diese diffusen Spannungsschmerzen können vorübergehend wieder akut exazerbieren, wenn ein erneuter Wirbelbruch auftritt [Heini et al. 2004]. Die Schmerzen nach einer Wirbelfraktur entstehen durch die Irritation des Periostes, das eine hohe Dichte nozizeptiver Fasern besitzt und daher sehr sensibel jede Mikrobewegung des Knochens als Schmerzreiz weiterleitet [Hoffmann et al. 2003].

Meist findet sich ein deutlicher Stauungsschmerz sowie ein Druck- und Klopf-schmerz über dem Processus spinosus des frakturierten Wirbels, wobei eine fehlende lokale Schmerzempfindlichkeit keineswegs eine Korrelation zu einem dennoch frakturierten Wirbelkörper haben muss. Im MRT zeigt sich aber ein Knochenödem und es kommt trotzdem zur postoperativen Schmerzreduktion [Gaughen et al. 2002].

3.2.2 Konventionelle radiologische Diagnostik

Als nächstes sollten aktuelle Röntgenaufnahmen in zwei Ebenen der betroffenen Region angefertigt werden. Sollte sich ein Verdacht auf eine „Non-union“ Fraktur ergeben, sind seitliche Aufnahmen in Flexion und Extension von Vorteil (Abbildung 7), um so den Grad der Mobilität sicher einschätzen zu können [Bierschneider et al. 2005, McKiernan et al. 2003].

Intervertebrale Spalten, die in mehr als 14% Zeichen einer Pseudarthrose sind, können leicht bei Aufnahmen im Stehen übersehen werden. Sie wurden aber in Rückenlage in 64% der Fälle erkannt [Hadjipavlou et al. 2005].

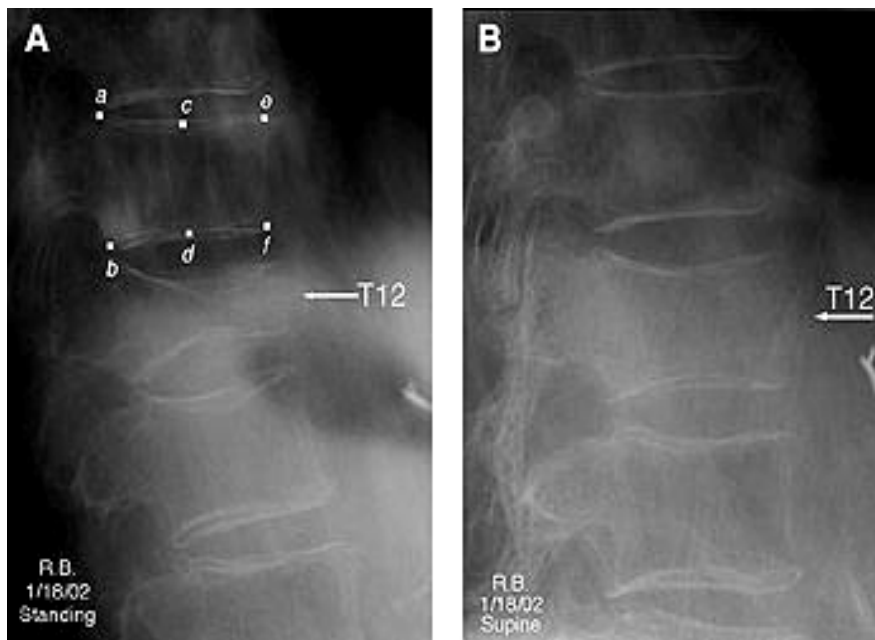
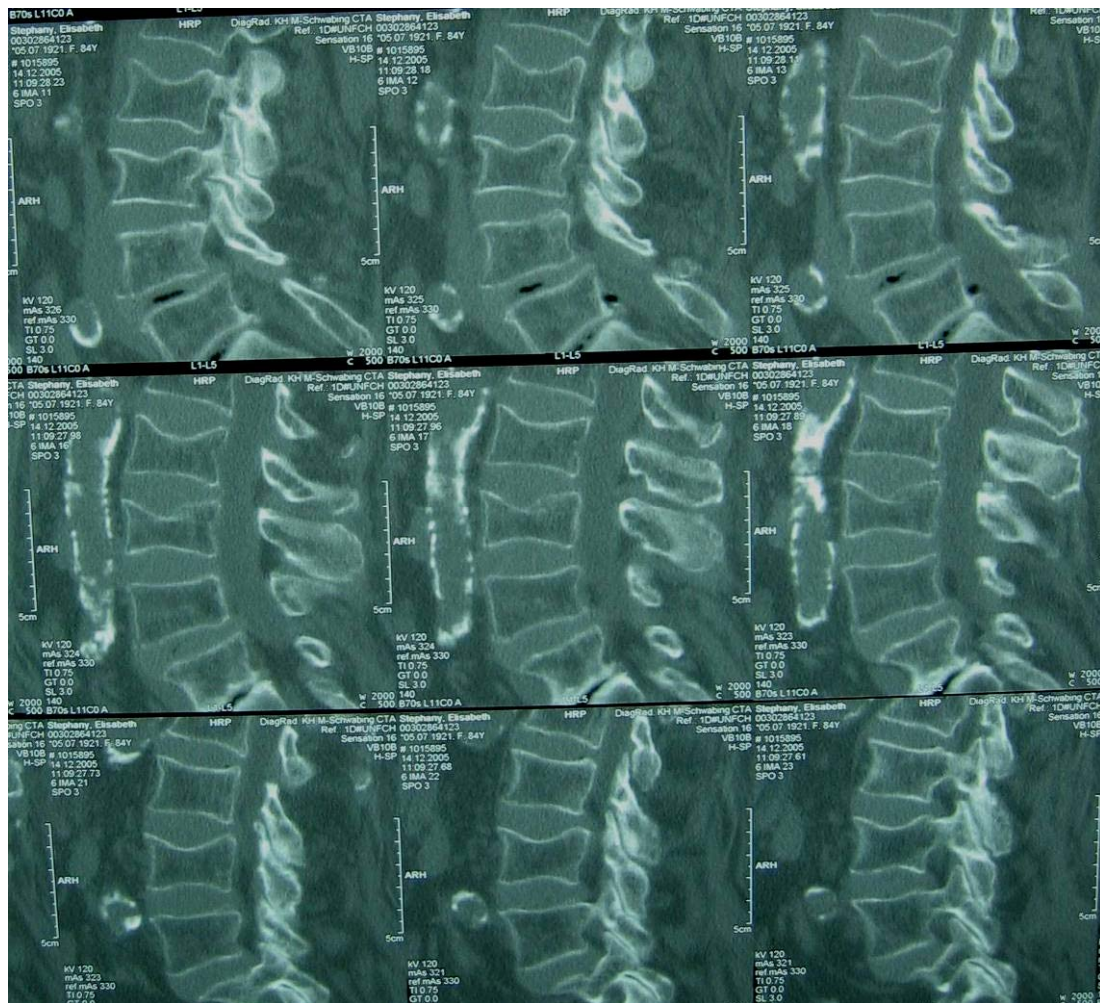


Abbildung 7: Nach McKiernan et al. 2003
Flexions- / Extensionsaufnahme: Brustwirbelkörper XII bei dynamischer Instabilität.

3.2.3 Computertomographie

Die Computertomographie hat ihren größten Vorteil in der Erkennung der knöchernen Strukturen und dient somit der Einschätzung des Frakturverlaufs, der Wirbelkörperdeformation mit den einhergehenden Stabilitäts- bzw. Instabilitätskriterien, also der Frakturklassifikation. Für die Wahl der Therapie ist es wichtig, zwischen einer Deckplattenimpressionsfraktur mit dem Kollaps des anterioren vertebralen Kortex (mit oder ohne Deck- und Grundplattenbetei-

ligung) oder einer Berstungsfraktur mit Beteiligung des posterioren Kortex zu unterscheiden (Abbildung 8) [Spivak et al. 2005].



**Abbildung 8: Computertomographie mit Sinterungsfraktur LWK II/III.
Eigenes Patientengut.**

3.2.4 Szintigraphie

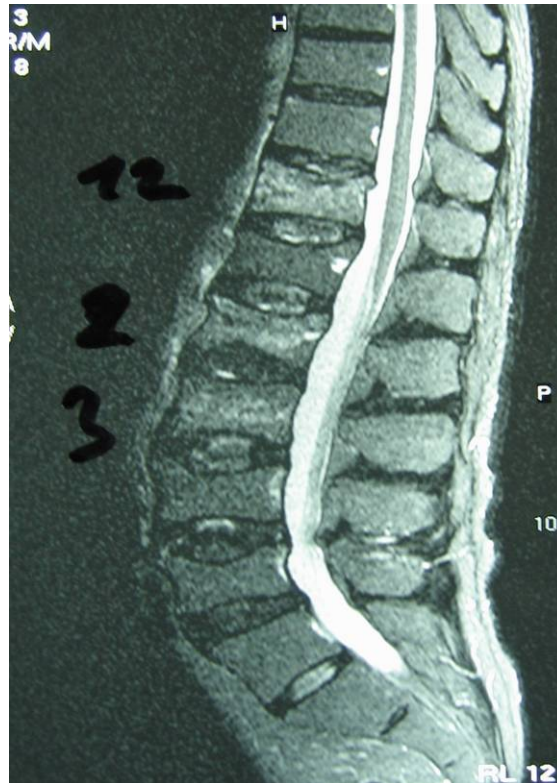
Für Patienten, die kein MRT tolerieren, oder bei denen aus anderen Gründen kein MRT durchgeführt werden kann, stellt das ⁹⁹Tc-Methyldiphosphat-Knochenszintigramm in Kombination mit einem CT eine sehr gute Informationsquelle in Bezug auf eine frischere Fraktur dar. In einem Zeitraum bis zu 3-4 Monaten sind die Ergebnisse mit dem der MRT zu vergleichen, ab diesem Zeitpunkt ist die Szintigraphie dem MRT überlegen [Masala et al 2005].

3.2.5 Kernspintomographie

MRI ist fähig, Vertebral- und Weichteilpathologien zu visualisieren, so können zusätzlich degenerative und infektiöse Erkrankungen und ebenso Verletzungen der Bandscheiben und des Ligamentkomplexes evaluiert werden. Das MRT ist das gebräuchlichste Bildgebungsverfahren, um das Knochenmarködem zu erkennen, das eine frische Wirbelfraktur kennzeichnet (Abbildung 9).

Mit der STIR-Sequenz (short tau inversion recovery) kann das Frakturalter gut bestimmt werden. Also die frische von der bereits verheilten Fraktur unterschieden werden, was einen Prognosefaktor für die Frakturaufrichtung durch Kyphoplastie darstellt [Gaitanis et al. 2005].

Zusätzlich können so genannte „okkulte“ osteoporotische Wirbelkörperfrakturen, die ohne röntgenologisch sichtbaren Kollaps einhergehen, verifiziert werden [Pham et al. 2005].



**Abbildung 9: MRT thorakolumbalen Übergang mit frischer Frakturkomponente.
Eigenes Patientengut.**

3.3 Verfahren und operative Technik

3.3.1 Entwicklungsgeschichte

Perkutane Augmentationstechniken der Wirbelsäule gewinnen im Behandlungsspektrum von Wirbelkörperfrakturen des älteren Patienten zunehmend an Bedeutung [Berlemann et al. 2004]. In der Literatur werden zwei minimal-invasive Verfahren beschrieben, die über eine interne Stabilisierung frakturierter Wirbelkörper zu einer deutlichen Schmerzreduktion führen.

1984 wird erstmals die Vertebroplastie in der Behandlung eines Wirbelkörperhämangioms als Alternative zum offenen Verfahren beschrieben [Galibert et al. 1987]. Bei diesem Verfahren wird minimal-invasiv unter hohem Druck PMMA-Zement in den Wirbelkörper injiziert, hierbei zeigen sich Spitzenwerte bis zu 3215 kPa [Krebs et al. 2005].

Diese neue Technik der perkutanen Vertebroplastie wurde dann auf die Therapie maligner tumoröser osteolytischer Prozesse ausgedehnt und seit Mitte der 90er Jahre auch bei osteoporotischen Frakturen angewandt. Ihre Gefahr besteht bei hohem Injektionsdruck im Austritt des Zementes aus dem Wirbelkörper [Hillmeier et al. 2004].

Im Gegensatz zum primären Einsatz der Vertebroplastie bei Hämangiomwirbeln wurde die Technik der Kyphoplastie speziell für die Anwendung am osteoporotischen Knochen entwickelt. Neben der Frakturstabilisierung sollte dieses Verfahren auch eine Frakturreposition ermöglichen. Erreicht wurde diese Kombination durch spezielle Ballons, welche minimal-invasiv in den Wirbelkörper eingebracht werden und eine Frakturreposition durch schrittweise, druckkontrollierte Füllung ermöglichen. Nach Entfernen der Ballons verbleibt ein Hohlraum, welcher mit einem Augmentationsmaterial, in den meisten Fällen Polymethylmethacrylat (PMMA), ausgefüllt wird.

Nach Zulassung durch die amerikanische FDA im Juli 1998 wurde die erste Operation am Patienten im September 1998 in den USA durch Mark Reiley, MD durchgeführt [Wong et al. 2000]. Die erste Veröffentlichung zu dieser Methode erschien 2000 von Wong im Journal of Women`s Imaging. Berichtet wurde über 85 Patienten mit guter bis exzellenter Schmerzreduktion und einer Höhenwiederherstellung von 62% [Boszczyk et al.2004].

3.3.2 Operationstechnik Kyphoplastie

3.3.2.1 Anästhesie und präoperatives Management

Der Eingriff erfolgt in Intubationsnarkose oder Sedation des Patienten. Im Falle der Lokalanästhesie sollte der Patient fähig sein, pro zu augmentierendem Level ca. 30 min in Bauchlage zu liegen. In Allgemeinnarkose kann sich der Patient nicht bewegen, somit ist der Zugang erleichtert, die Operationszeit nicht durch Bewegungsartefakte verlängert und die Strahlendosis verringert. Die Bauchlagerung des Patienten erfolgt mit Kissen unter Brust und beiden Beckenkämmen. Das Abdomen sollte nicht komprimiert werden, um einen venösen Rückstau und eine Behinderung der Beatmung zu vermeiden. Die Lordosierung der Lendenwirbelsäule ist erwünscht, da bei frischen Frakturen des thorakolumbalen Übergangs bereits durch diese Lagerung eine gewisse Aufrichtung des Wirbelkörpers gelingt. Präoperativ sollte noch eine Single-shot-Antibiotikaphylaxe erfolgen [Hillmeier et al. 2003].

3.3.2.2 Zugangswege

1) **Bilateraler versus unilateraler Zugang**

Die Vorteile des unilateralen Zugangs sind eine Verminderung der zugangsbedingten Komplikationen, der Operationszeit, der Strahlendosis und der nicht zu vernachlässigenden Senkung der Kosten.

Vergleicht man die bipedikular augmentierte Gruppe mit der unipedikular operierten, zeigt sich eine höhere Bruchfestigkeit bei der bipedikular versorgten Gruppe. Die Resultate beider Gruppen waren signifikant fester als der intakte Wirbelkörper. Kein Unterschied zeigte sich bzgl. der Steifigkeit in beiden Gruppen, beide zeigten eine ähnliche Steifigkeit wie vor dem Bruch. Zu einer einseitigen lateralen Höhendifferenz, also einer Winkelbildung in der Frontalebene kam es nicht.

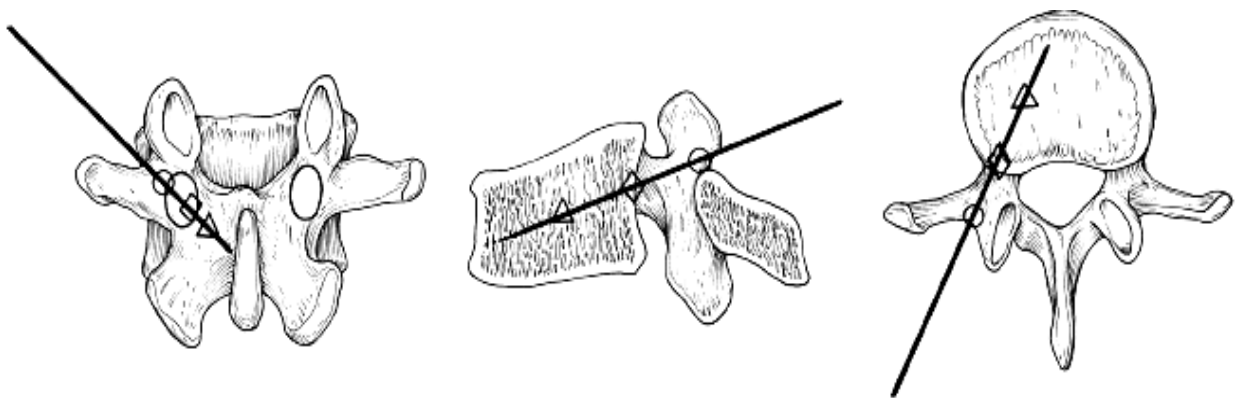
Bei den experimentell erzeugten Kompressionsfrakturen konnten durch unipedikulare Kyphoplastie durchaus vergleichbare Ergebnisse zur bipedikularen Kyphoplastie in Bezug auf die Wiederherstellung der Wirbelkörperfestigkeit, der Steifigkeit und der Wirbelkörperhöhe erzielt werden [Steinmann et al. 2005].

Auch der Füllungsgrad mit Zement in den beiden Wirbelkörperhälften zeigte keinen signifikanten Unterschied in den beiden Gruppen [Kim et al. 2002].

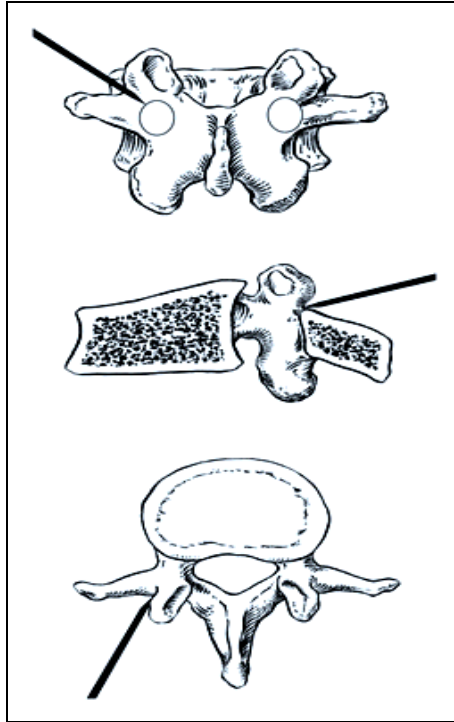
Bei Wirbelfrakturen im Bereich der mittleren bis oberen Brustwirbelsäule ist aufgrund der Größe des Wirbelkörpers in vielen Fällen nur eine unilaterale Augmentierung möglich.

2) Transpedikulärer Zugang

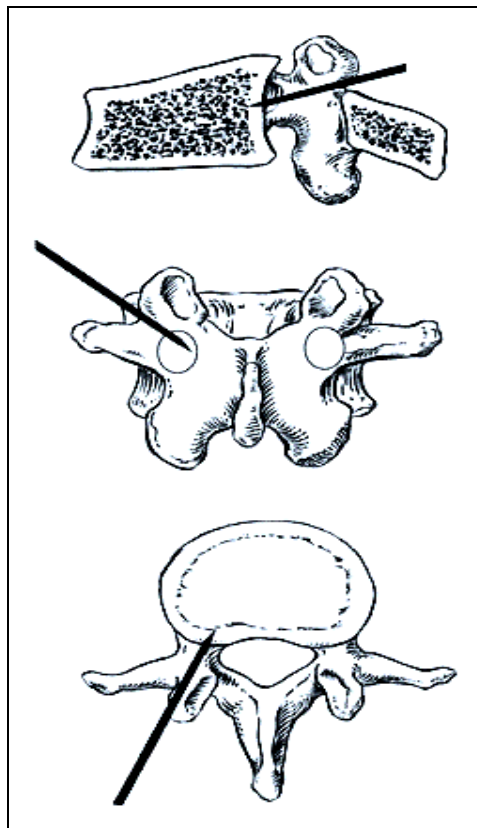
Die Haut wird mit einer Stichinzision kranialateral des Pedikels eröffnet. Eine Knochenbiopsienadel wird auf den Übergang zwischen Querfortsatz und kranialem Gelenkfortsatz aufgesetzt und mit leichten Hammerschlägen in den Pedikel eingetrieben. Im antero-posterioren Strahlengang darf die Nadel die mediale Pedikelkortikalis erst nach Erreichen der Wirbelkörperhinterkante im seitlichen Strahlengang überqueren, um eine spinale Perforation zu vermeiden (siehe Abbildung 9-11) [Boszczyk et al. 2004].



**Abbildung 9: Gleiche geometrische Figuren zeigen die Position des Führungsdrahtes am und im Wirbelkörper in den verschiedenen Ebenen beim transpedikulären Zugang.
Nach Spivak et al. 2005.**



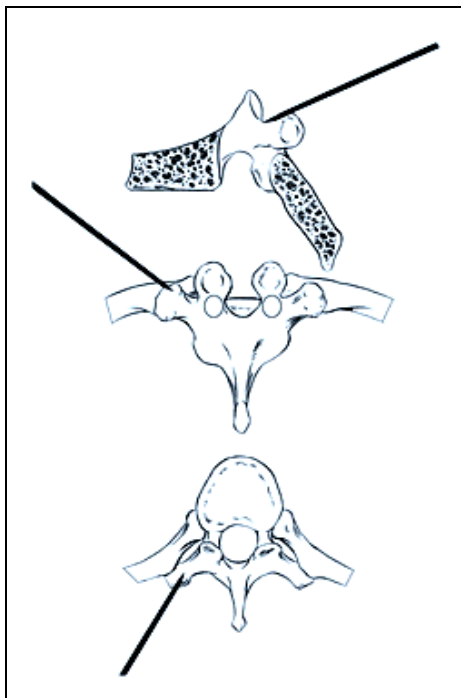
**Abbildung 10: Primäre Positionierung des Drahtes am Eintrittspunkt zum Pedikel.
Nach DaFonseca et al. 2006.**



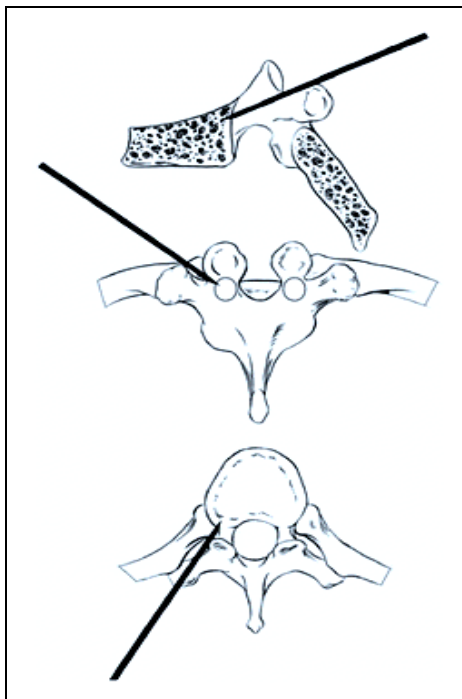
**Abbildung 11: Korrekte Position des Drahtes beim transpedikulären Erreichen der Wirbelkörperhinterkante.
Nach DaFonseca et al. 2006.**

3) Extrapedikulärer Zugang

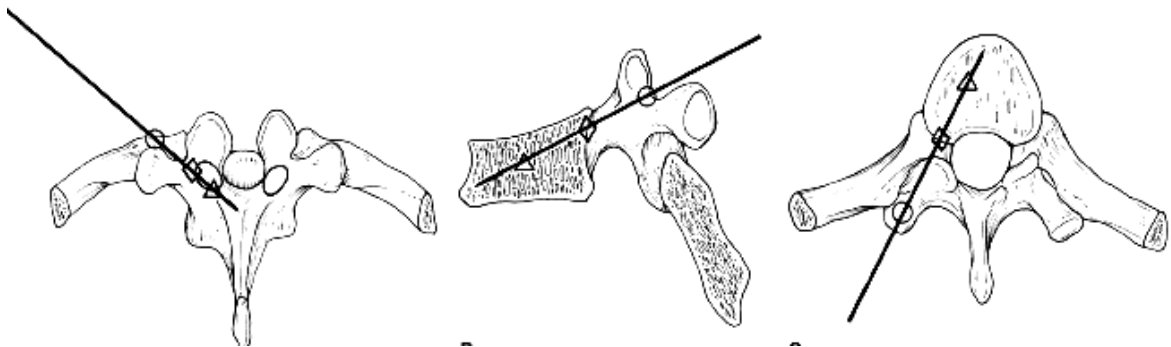
Der perkutane Zugang an der BWS kann transpedikulär in der gleichen Technik wie für die LWS erfolgen. Ab der mittleren BWS ist jedoch der Pedikelverlauf in der Regel mehr an der Sagittalebene orientiert, so dass bei den meist schmalen Pedikeln eine ausreichende Konvergenz in das anteriore Wirbelkörperdrittel nicht erreicht werden kann. Eine stärkere Konvergenzmöglichkeit bietet dann der extrapedikuläre Zugang. Hierbei wird die Knochenbiopsienadel kranial des Querfortsatzes mit konvergierender und abfallender Stichrichtung in die Rinne zwischen Rippenhals und der lateralen Pedikelkortikalis eingebracht, daraus ergibt sich eine stärkere Konvergenz und eine Perforation der lateralen Pedikelkortikalis. Bei kleineren Wirbeln der mittleren BWS kann ein einzelner, konvergent eingebrachter Ballon genügen (siehe Abbildung 12-14) [Boszczyk et al. 2004].



**Abbildung 12: Korrekte primäre Positionierung der Eröffnungsnadel beim extrapedikulären Zugang zum Wirbelkörper.
Nach DaFonseca et al. 2006.**



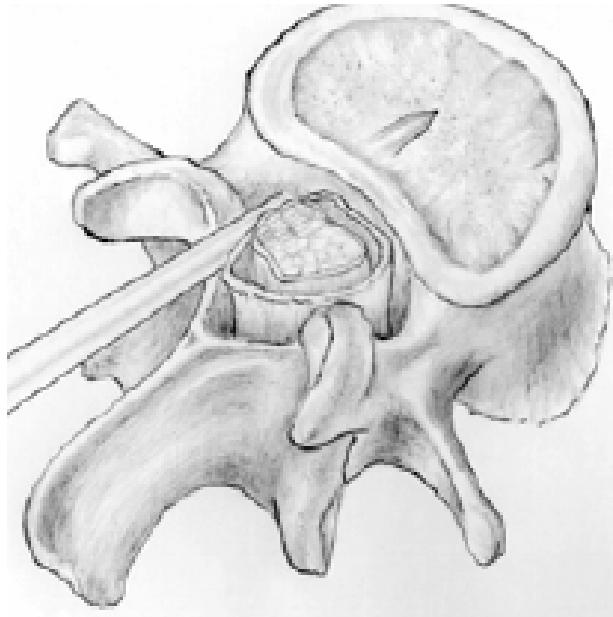
**Abbildung 13: Korrekte Position des Drahtes beim extrapedikulären Erreichen der Wirbelkörperhinterkante.
Nach DaFonseca et al. 2006.**



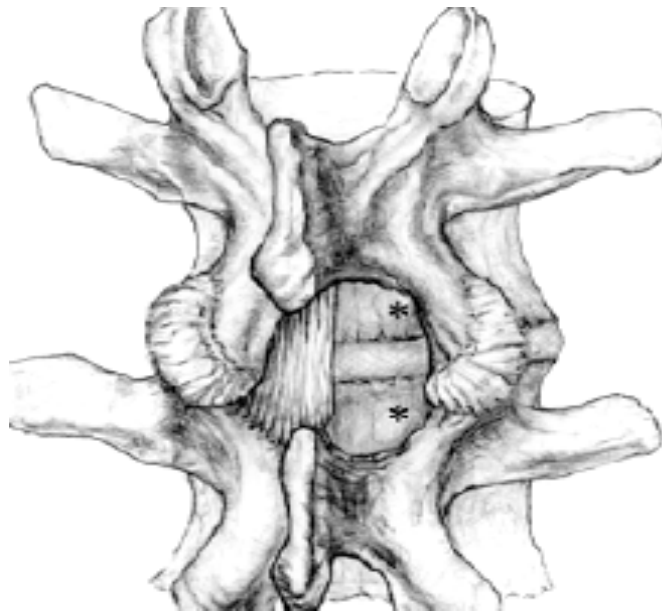
**Abbildung 14: Gleiche geometrische Figuren zeigen die verschiedenen Positionen des Führungsdrahtes in und am Wirbelkörper bei extrapedikulären Zugang zum Wirbelkörper.
Nach Spivak et al. 2005.**

4) Interlaminärer Zugang

Die interlaminäre Kyphoplastie ist eine mikrochirurgische Variante der von Wenger und Markwalder [Wenger et al. 1999] beschriebenen offenen bipedikulären Technik. Bisher wurde dieser Zugang an Patienten mit ausgedehnter Fragmentierung der Hinterwand und/oder neuronaler Kompressionssymptomatik angewandt. Auch bei Wirbeln mit starkem Höhenverlust bis hin zu Vertebra plana kann über diesen Zugang eine Kyphoplastie erfolgreich durchgeführt werden. Hierbei wird der interlaminäre Spaltraum in Projektion auf die Wirbelkörperhinterkante des betroffenen Wirbels als Zugang gewählt. In der Regel erfolgt der Zugang auf der beschwerdeführenden Seite. Über einen medianen, etwa 5 cm langen Hautschnitt wird eine paramediane Spaltung der thorakolumbalen Faszie durchgeführt. Die paravertebrale Muskulatur wird abgeschoben und der interlaminäre Spaltraum dargestellt. Es werden nun eine laterale Flavektomie und Laminektomie unter sorgfältiger Schonung der neuralen Strukturen durchgeführt und der laterale Durasack dargestellt. In Abhängigkeit der neuralen Kompressionssymptomatik wird die Dekompression gelenkschonend nach lateral und unterminierend auf die Gegenseite ausgeweitet. Nach vollständiger Dekompression wird der Durasack vorsichtig wenige Millimeter nach medial mobilisiert und die betroffene Hinterkante dargestellt. Über diese wird der Arbeitstrokär in der Projektion auf die Mittellinie der ventralen Kortikalis eingebracht. Im Bereich der mittleren BWS kann zur Vermeidung einer Kompression des Myelons eine mediale Pedikelresektion erforderlich werden. Die Frakturreposition und Augmentierung erfolgt analog der transpedikulären Methode (siehe Abbildung 15 und 16) [Boszczyk et al. 2004].



**Abbildung 15: Schematischer interlaminärer Zugang.
Nach Boszczyk et al. 2004.**



**Abbildung 16: * Eintrittspunkt in den Wirbelkörper durch die Hinterwand
nach einseitiger Fensterung.
Nach Boszczyk et al. 2004.**

3.3.2.3 Kyphoplastie

1) Dilatationsphase

Nach Platzierung der Hohlnadeln werden die Trokare entfernt und durch Führungsdrähte ersetzt, die bis zur Wirbelkörpervorderkante vorgeschoben werden (Abbildung 17). Um Verletzungen der Aorta, der unteren Hohlvene oder einen späteren Zementaustritt zu vermeiden, dürfen die Drähte die Vorderwand keinesfalls perforieren.

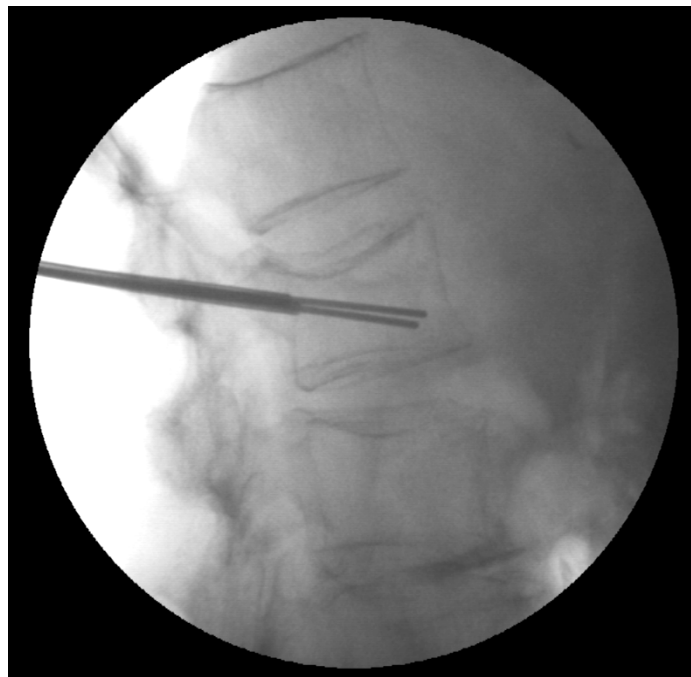
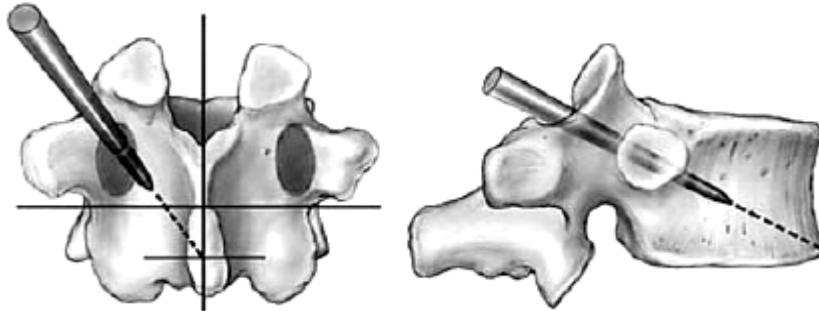


Abbildung 17: Position der Führungsdrähte. Eigenes Patientengut.

Anschließend werden die Punktionskanülen entfernt und über die liegenden Drähte die Arbeitskanülen eingebracht. Die Spitzen der Arbeitskanülen liegen dabei etwa 3-5 mm ventral der Wirbelkörperhinterwand. In der a.p.-Projektion konvergieren die Spitzen, um so später eine zentrale Platzierung des Ballons im Wirbelkörper zu gewährleisten (Abbildung 18).



**Abbildung 18: Positionierung der Drähte in Richtung kaudaler Wirbelvorderkante bzw. Processus spinosus.
Nach Heini et al. 2004.**



Abbildung 19: Korrekte Lage der Arbeitskanülen. Eigenes Patientengut.

Mit einem Handbohrer wird über die liegende Arbeitskanüle (Abbildung 19) in der Wirbelkörperspongiosa für den Ballon ein Kanal geschaffen. Es erfolgt dann das Einbringen der Ballone, wobei die beiden Markierungen im seitlichen Strahlengang unbedingt außerhalb des Arbeitstrokars (Abbildung 20 und 21) zu liegen kommen müssen, um eine korrekte Entfaltung des Ballons zu gewährleisten [Hillmeier et al. 2003].

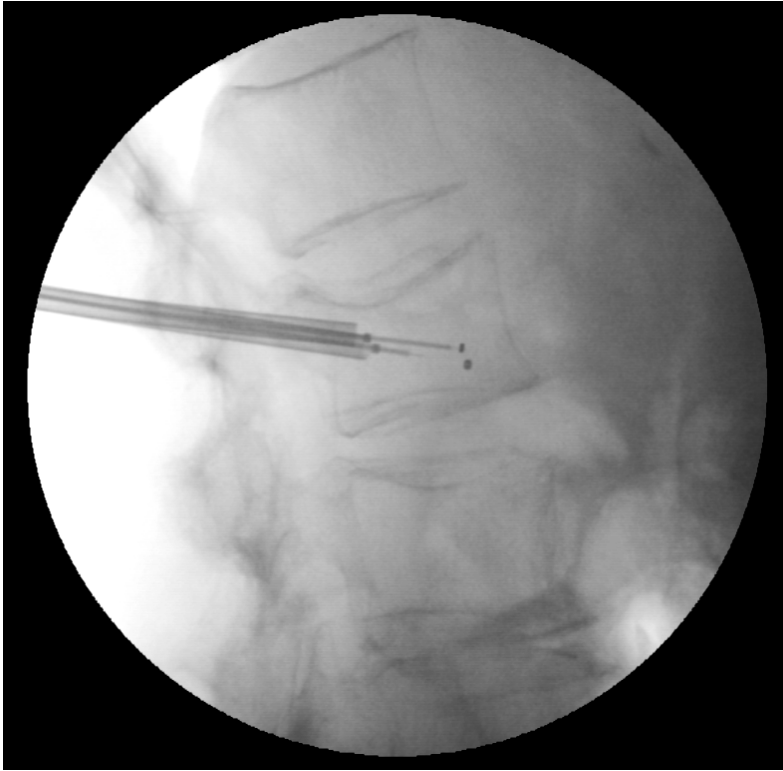


Abbildung 20: Ballonplatzierung im Wirbelkörper. Eigenes Patientengut.

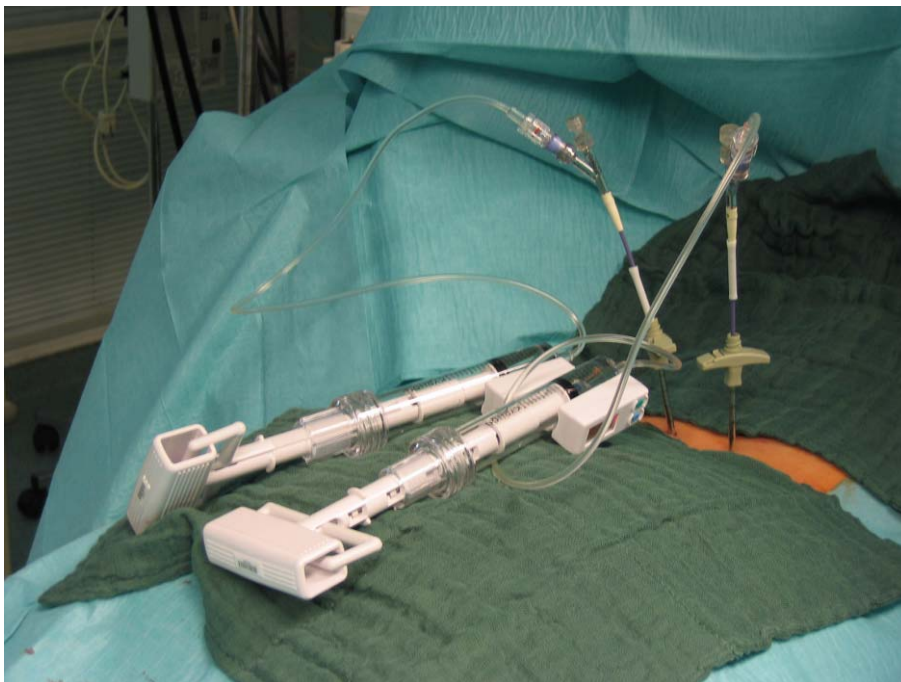


Abbildung 21: Operationssitus mit Positionierung der Ballone. Eigenes Patientengut.

2) Augmentierungsphase

Die Größe der einzubringenden Ballone wird in Abhängigkeit von der Wirbelkörpergröße gewählt (15mm Länge mit 4 ml Füllvolumen oder 20 mm mit 6 ml Füllvolumen). Über ein manuelles Druckinjektionssystem kann ein Druck bis etwa 28 bar (406 PSI) über den kontrastmittelgefüllten Ballon auf die angrenzenden Strukturen ausgeübt werden (Abbildung 22). In der Regel genügt jedoch bei osteoporotischen Wirbeln oder bei korrekter Platzierung in der Frakturzone ein Druck von etwa 7 bar (ca. 100 PSI).

Durch die schrittweise druckkontrollierte Füllung der Ballone wird die verletzte Spongiosa komprimiert und die angrenzende Deckplatte gehoben (Abbildung 22). Nach erreichter Frakturposition bei frischen Frakturen oder nach Erzeugung einer ausreichenden Kaverne bei älteren osteoporotischen Frakturen werden die Kyphoplastieballone entleert und entfernt.

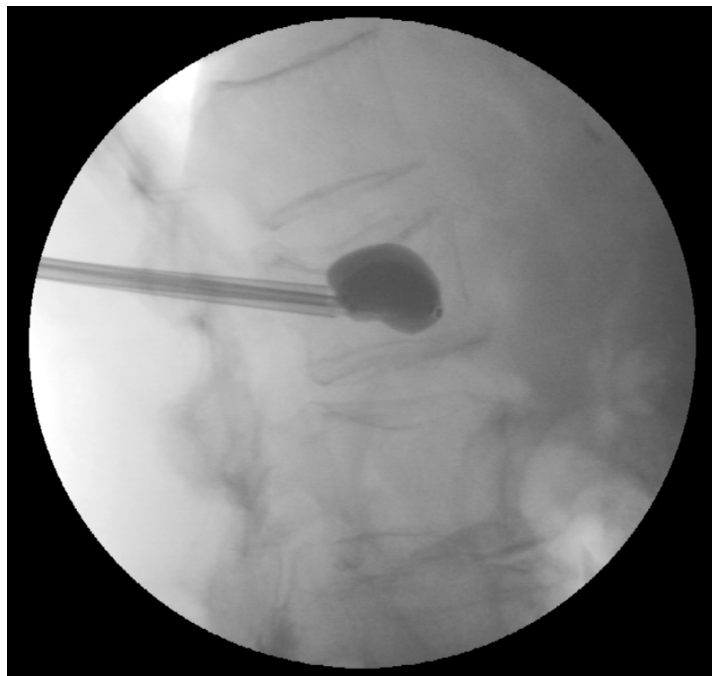


Abbildung 22: Dilatationsphase des Ballons. Eigenes Patientengut.

Die verbleibende Kaverne wird mit Augmentationsmaterial, in der Regel PMMA, über die Arbeitskanüle aufgefüllt. Um einen epiduralen oder paravertebralen Materialaustritt zu vermeiden, wird das Augmentationsmaterial mit hoher Viskosität und niedrigem Druck eingefüllt (Abbildung 23-26). Das Füllvolumen der Ballone ist vom zuletzt erreichten Volumen der Ballone bekannt und wird geringfügig überschritten, um so eine Verzahnung mit der Spongiosa, zur Vermeidung von Scherkräften an der Knochen-Material-Schicht, zu erreichen [Boszczyk et al. 2004].

Der PMMA-Zement ist ca. 8-10 Minuten zu verarbeiten. Nach ca. 15 Minuten können die Arbeitstrokare entfernt werden und es erfolgt der Hautverschluss der Stichinzisionen.



Abbildung 23: Operationssitus Augmentierungsphase. Eigenes Patientengut.

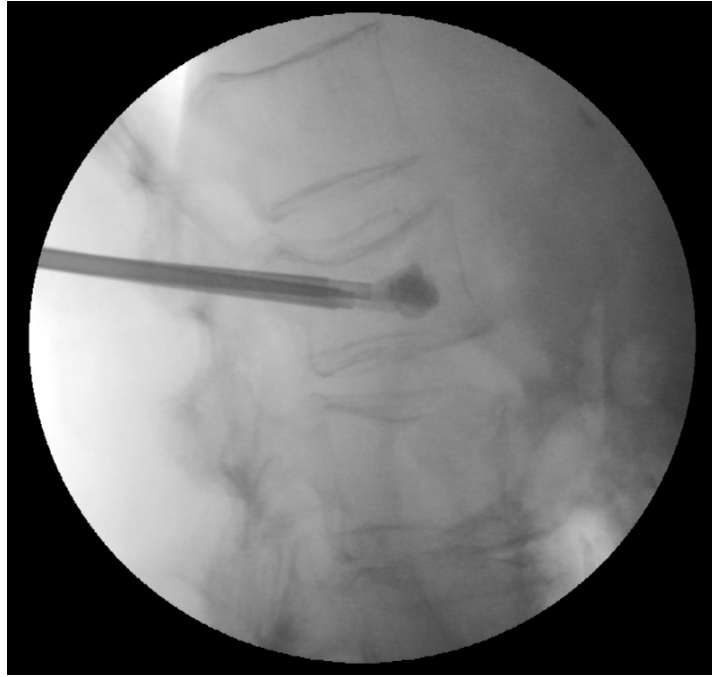


Abbildung 24: Augmentierung I. Eigenes Patientengut.

Der Füllvorgang sollte im seitlichen Strahlengang kontrolliert werden, um so bei einem erkennbaren Extrudat die Injektion sofort stoppen zu können (Abbildung 24-26).



Abbildung 25: Augmentierung II. Eigenes Patientengut.

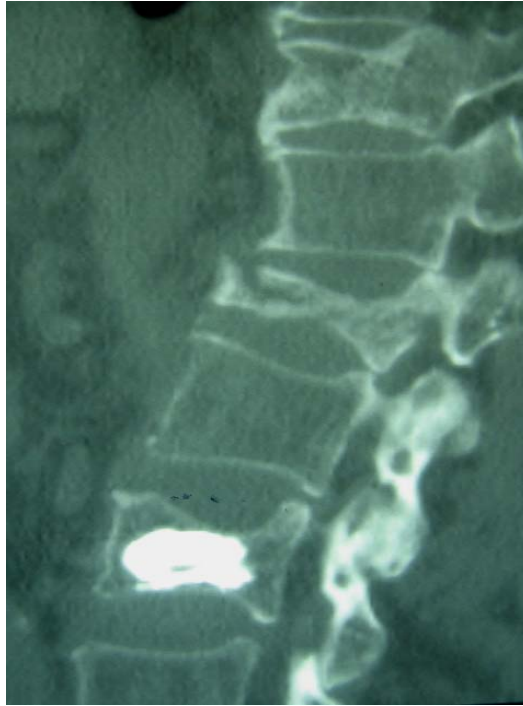


Abbildung 26: Augmentierung III. Eigenes Patientengut.

Postoperativ erfolgt dann die radiologische Kontrolle in konventioneller Technik oder mittels Computertomographie (CT) (Abbildung 27-29).



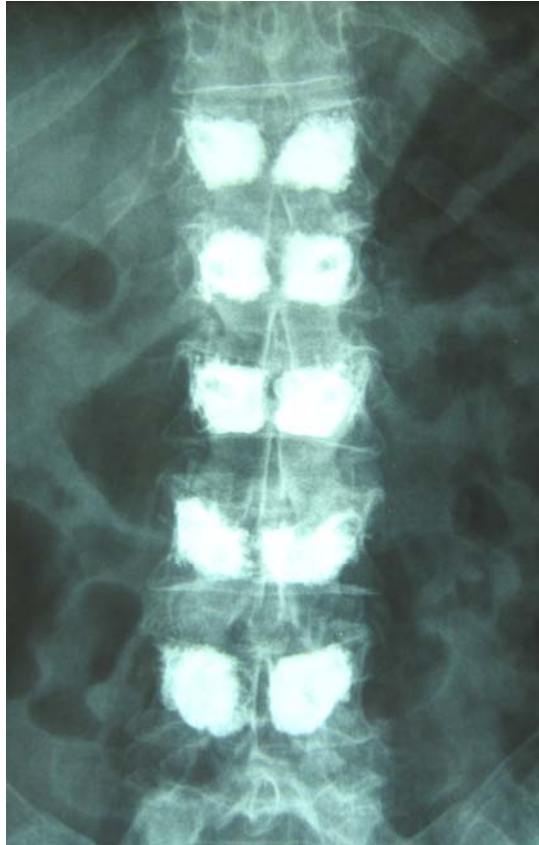
Abbildung 27: Transversale Schnittebene durch einen Lendenwirbelkörper (CT) zur Lagekontrolle des Augmentierungsmaterials. Eigenes Patientengut.



**Abbildung 28: Radiologische Kontrolle postoperativ lumbale Wirbelsäule.
Eigenes Patientengut.**



**Abbildung 29: Radiologische Kontrolle postoperativ BWK XII –LWK IV.
Eigenes Patientengut.**



**Abbildung 30: Radiologische Kontrolle postoperativ BWK XII –LWK IV.
Eigenes Patientengut.**

3.4 Indikationen

Unterschieden wird die Kyphoplastie bei osteoporotischen Wirbelkörperfrakturen, traumatischen Wirbelfrakturen und neoplastischen Wirbelkörperbrüchen. Ausgiebige Erfahrungen liegen in der perkutanen Anwendung an der Lendenwirbelsäule (LWS) und der mittleren bis unteren Brustwirbelsäule (BWS) BWK 5-12 vor. Für die Anwendung an der oberen BWS bestehen bisher keine Routineerfahrungen. Über die Anwendung an der Halswirbelsäule ist bisher noch sehr wenig berichtet worden.

3.4.1 Osteoporotische Frakturen

Da osteoporotische Frakturen der LWS und BWS ohne neurologische Ausfälle grundsätzlich konservativ behandelt werden können und noch keine randomisierte Studie zugunsten der Operation vorliegt, richtet sich die Operationsindikation nach der Schmerzsymptomatik und Deformität des Wirbels bzw. der zu erwartenden Progredienz einer Deformität [Boszczyk et al. 2004].

Die entscheidende Frage ist also, ob, und wenn ja, zu welchem Zeitpunkt eine Kyphoplastie bei osteoporotischen Frakturen sinnvoll erscheint. Ein Großteil der Patienten mit osteoporotischen Frakturen wird durch adäquate Schmerztherapie und Physiotherapie beschwerdefrei. Lediglich ein kleiner Rest von etwa 10-20% kommt wegen chronischer Rückenschmerzen in die Ambulanz. Bei diesen Patienten muss eine Abgrenzung zu den ebenfalls häufigen degenerativen Veränderungen erfolgen [Hillmeier et al. 2004].

Eine der Hauptindikationen ist somit das Vorliegen einer schmerzhaften, osteoporotischen Wirbelkörperfraktur, deren konservative Therapie entweder gescheitert ist bzw. der konservative Therapieansatz keinen wesentlichen Benefit für den Patienten gebracht hat.

Ein Scheitern der konservativen medikamentösen Therapie liegt dann vor, wenn sich die Schmerzsymptomatik des Patienten nach einem bestimmten Zeitraum, in der Regel 3-6 Wochen, nicht signifikant gebessert hat oder die Dosierung der Analgetika zu signifikanten Nebenwirkungen wie Sedierung oder Verwirrtheit geführt hat, wie sie bei hoher Dosierung morphinähnlicher Analgetika beobachtet werden können [Hoffmann et al. 2003].

Sollte also der Patient unverändert über Schmerzen klagen oder eine weitere Sinterung des Wirbelkörpers zu erkennen sein, so kann zu diesem Zeitpunkt eine Augmentierung immer noch erfolgreich sein.

3.4.2 Chronische Prozesse

Schmerzhafte Wirbelkörperfrakturen, die von einer Osteonekrose des betroffenen Wirbels (Kümmel-Syndrom) ausgehen, oder chronische Frakturen, die keine knöcherne Heilungstendenz mit Pseudarthrose zeigen oder mit Zystenbildung einhergehen, können ebenfalls erfolgreich behandelt werden. Insgesamt dürfen aber die Schmerzsymptome, die durch chronische Prozesse wie osteoporotische Veränderungen unbekanntes Datums, Spondylosen, Spondylarthrosen, degenerative Spondylolisthesen und Spinalkanalstenosen einhergehen, was durch exakte Diagnostik zu evaluieren ist, zu keiner Op-Indikation führen [Berlemann et al. 2004].

3.4.3 Traumatische Frakturen

Im Bereich der traumatischen Wirbelfraktur birgt die Kyphoplastie ein erhebliches Potenzial, zumal neben der kontrollierten Augmentierung auch eine signifikante Aufrichtung frischerer Frakturen möglich ist.

Eine isolierte Fraktur des Wirbelkörpers führt, zumindest bildmorphologisch im MRT, nicht zwangsläufig zu einer permanenten Schädigung des Nucleus pulposus, jedoch zu einem oftmals verbleibenden Defekt in der deckplatten-nahen Spongiosa. Die Auffüllung des Defektes und die mechanisch stabile

Unterfütterung der Deckplatte durch die Kyphoplastie sind vermutlich ursächlich für die Schmerzreduktion.

Nicht alle Frakturformen eignen sich für das Verfahren der Kyphoplastie. Die beste Indikation für die Kyphoplastie stellt der Wirbelkörperbruch infolge einfacher Kompression ohne Zerstörung der angrenzenden Bandscheiben dar. Wirbelkörperkompressionsfrakturen mit Beteiligung der Bandscheibe und der Hinterkante eignen sich umso weniger für dieses Verfahren, je jünger und mobiler ein Patient ist. Hierfür ist nach wie vor die Spondylodese mit Ausräumung der verletzten Bandscheibe die Methode der Wahl.

Frakturen der Typen A1.1, A1.2 und A1.3 nach Magerl [Magerl et al. 1994] lassen sich mittels perkutaner Kyphoplastie versorgen.

Bei den Verletzungen der Frakturform A3.1 ist hinsichtlich der kyphotischen Fehlstellung, des Hinterkantenfragments und der Bandscheibenintegrität die Indikation zur Kyphoplastie sehr zurückhaltend zu stellen, stellt aber insgesamt keine Kontraindikation dar (Abbildung 31).



Abbildung 31: LWK II-Fraktur Typ AO A3.1. Eigenes Patientengut.

Frakturen des Typs B mit einer A1.1-, A1.2- und A1.3-Komponente der vorderen Säule können mit einem Fixateur interne (Abbildung 32-35) plus einer offenen Kyphoplastie versorgt werden [Hauck et al. 2004], die zentrale und anteriore Höhe des frakturierten Wirbelkörpers konnte so zu 78-91% der geschätzten intakten Wirbelkörperhöhe wieder aufgerichtet werden [Verlaan et al. 2005].

Während der Kyphoplastieprozedur kommt es zwar zu einer Zunahme der anterioren Knochenfragmentdislokation (im thorakalen und lumbalen Bereich) und einer Zunahme der posterioren Knochenfragmentdislokation (im thorakalen Bereich) nach Balloninflation, nach Ballondeflation und anschließender Zementeinbringung werden aber wieder Werte wie vor der Inflation erreicht. Hierbei zeigten sich keine Unterschiede in der anterioren bzw. posterioren Knochenfragmentdislokation, bei in der Kontinuität bestehendem oder nicht bestehendem korrespondierendem Longitudinalband [Verlaan et al. 2005].

Von den Berstungsbrüchen Typ A3.3 muss jedoch der osteoporotische Kollaps eines Wirbelkörpers Typ A1.3 (Abbildung 32), welcher sich für die Kyphoplastie eignet, unterschieden werden [Boszczyk et al. 2004].



**Abbildung 32: Wirbelkörperfraktur LWK I Typ AO A 1.3.
Eigenes Patientengut.**

3.4.4 Neoplastische Frakturen

Neben der behutsamen Erweiterung des Indikationsspektrums auf traumatische Frakturen zeigt sich vor allem ein erhebliches Potenzial bei den osteolytischen (Abbildung 33) neoplastischen Veränderungen. Im Bereich der Wirbelsäule trifft man hierbei am häufigsten auf die Metastasen eines Mammakarzinomes. Der Benefit für die Patienten liegt in der schnellen Mobilisation und geringen Komorbidität. Durch frühzeitige operative Intervention kann zusätzlich dem Auftreten einer neurologischen Symptomatik entgegengewirkt werden. Aufgrund der geringen Traumatisierung ist zudem eine frühzeitige Einleitung einer Chemo- und/oder Strahlentherapie möglich [Glasmacher et al. 2006].

Im Bereich der neoplastischen Wirbelsinterungsfrakturen besteht die Indikation für eine Kyphoplastie in erster Linie bei disseminiertem Tumorbefall durch vorwiegend osteolytische Metastasen. Je nach Ausprägung der Osteolyse ergeben sich jedoch Einschränkungen für die Kyphoplastietechnik, zum einen bei weitgehender Destruktion der Kortikalis, die zu einem Durchbruch des Ballons führen kann, zum anderen bei ausgedehntem Verlust der trabekulären Spongiosastruktur, welche eine spongiöse Verzahnung des Augmentationsmaterials verhindert. Theoretisch besteht ein Risiko der venösen Zellaussaat durch die Verdrängung der Tumormasse im Wirbelkörper. Obwohl wissenschaftliche Belege für eine solche Aussaat nicht vorliegen, empfiehlt sich die Kyphoplastie in erster Linie beim disseminierten Tumorbefall ohne kurative Sanierungsmöglichkeit im Bereich der Wirbelsäule [Boszczyk et al. 2004].

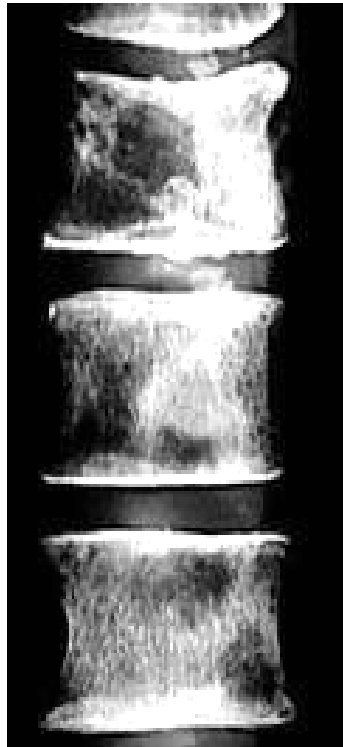
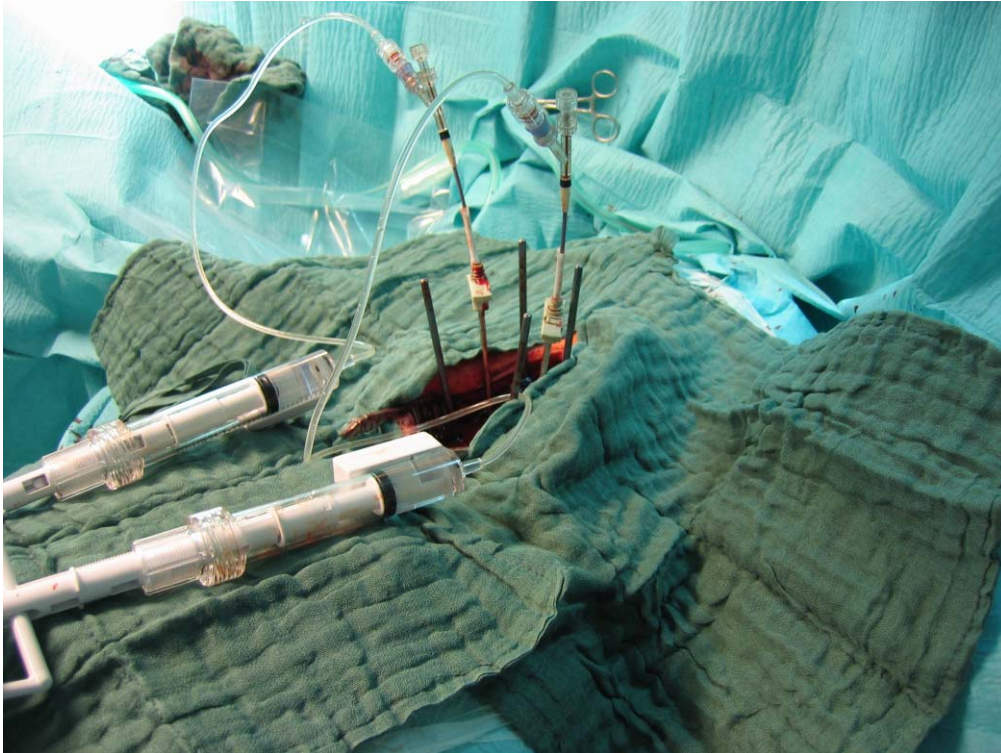


Abbildung 33: Vertebrale Osteolysen. Nach Kyphon Sunnyvale USA Inc..

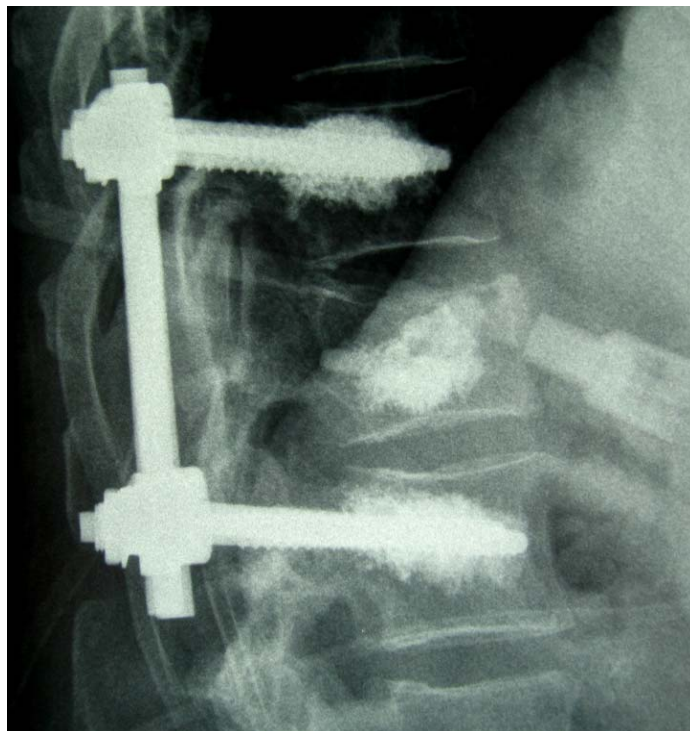
3.4.5 Adjuvante Stabilisierung

Hierzu zählen Augmentierungen von Wirbelkörpern, die durch ihre osteoporotische Trabekelstruktur eine feste und sichere Verankerung einer dorsalen Instrumentation nicht mehr zulassen, der Fixateur interne also im Augmentationsmaterial zur Ausbruchsicherung zu liegen kommt (Abbildung 34-37). Der frakturierte Wirbel muss aber den o.g. Kriterien der Frakturklassifikation entsprechen.

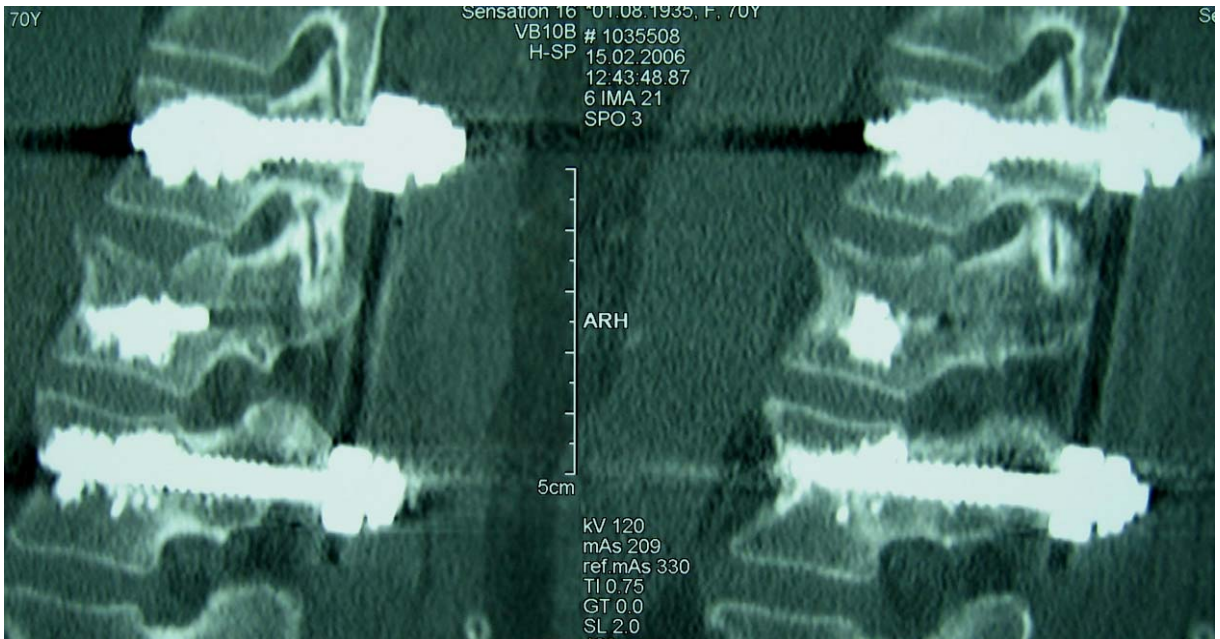
Zusätzlich kann die Augmentierung prä-, peri- oder intraoperativ vor einer spinalen Dekompression erfolgen [Hochmuth et al. 2006].



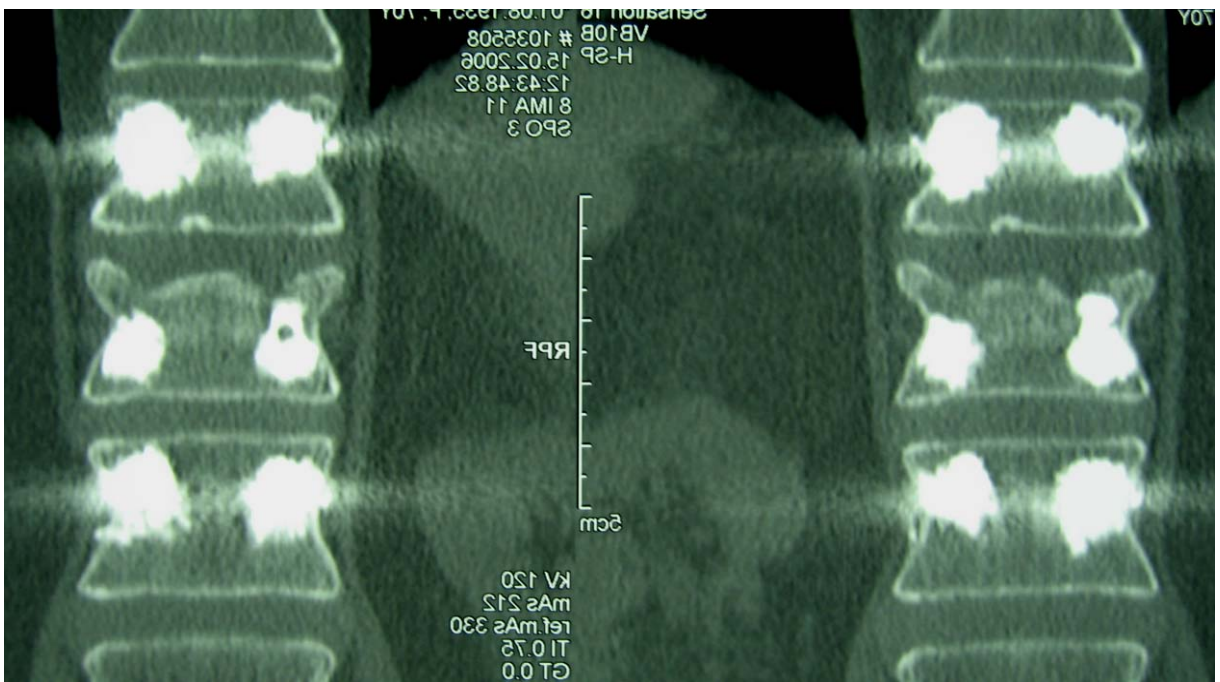
**Abbildung 34: Operationssitus bei Simultaneingriff Fixateur interne und Kyphoplastie.
Eigenes Patientengut.**



**Abbildung 35: Postoperative Kontrolle: Zur Ausbruchsicherung in Knochenzement eingebrachter
Fixateur interne von BWK XII auf LWK II, LWK I ist kyphoplastiert.
Eigenes Patientengut.**



**Abbildung 36: CT-Kontrolle Fixateur interne und Kyphoplastie, sagittale Schnittebene.
 Eigenes Patientengut.**



**Abbildung 37: CT-Kontrolle Fixateur interne und Kyphoplastie, frontale Schnittebene.
 Eigenes Patientengut.**

Die Indikationen zur Kyphoplastie gemäß dem interdisziplinären Konsensuspapier 11/2005 [Interdisziplinäres Konsensuspapier zur Vertebroplastie/Kyphoplastie 2005] sind in folgender Tabelle 4 dargestellt.

Indikationen zur perkutanen Vertebroplastie und Kyphoplastie (gemäß interdisziplinärem Konsensuspapier 11/2005[23])	
1.	Schmerzhafte osteoporotische Sinterungsfraktur ohne adäquates Trauma – gescheiterter/ nicht durchführbarer konservativer Therapieversuch (Zeitliches Intervall zwischen Schmerzbeginn und Intervention abhängig von Patientensituation)
2.	Schmerzhafte traumatische, stabile Fraktur bei Osteoporose – gescheiterter/ nicht durchführbarer konservativer Therapieversuch – keine Indikation zur operativen Standardtherapie nach den gültigen Kriterien (Zeitliches Intervall zwischen Schmerzbeginn und Intervention abhängig von Patientensituation)
3.	Schmerzhafte Osteolysen bei disseminierten malignen Tumoren (sekundäre Tumoren und maligne hämatologische Erkrankungen)
	Palliation in Ergänzung zu etabliertem onkologischen Regime
4.	Adjuvante peri-/intraoperative Vertebroplastie/Kyphoplastie im Rahmen operativ stabilisierender Maßnahmen

Tabelle 4: Nach Trumm et al. 2006

3.5 Kontraindikationen

3.5.1 Relative Kontraindikationen

Patienten mit einem Alter von unter 60 Jahren sollten primär mit chirurgischen Methoden behandelt werden, wobei die Altersgrenze von der individuellen Situation des Patienten abhängig ist. Diese Empfehlung beruht darauf, dass bisher nicht bekannt ist, ob die verwendeten Akrylatzemente auch langfristig gut verträglich sind. Abhängig von der Grunderkrankung und der individuellen klinischen Situation kann von diesem Grundsatz abgewichen werden.

Zurückhaltung ist auch geboten, wenn die Hinterkante des betroffenen Wirbelkörpers in den Spinalkanal vorgewölbt ist, bzw. ganz oder teilweise destruiert ist. Dies gilt umso mehr, wenn ein Tumor in den Epiduralraum ausgedehnt ist und den Spinalkanal einengt.

Auch eine radikuläre Symptomatik im zu therapierenden Segment ist als relative Kontraindikation zu sehen, wenn die Therapie nicht im Zusammenhang mit dekomprimierenden Maßnahmen durchgeführt wird.

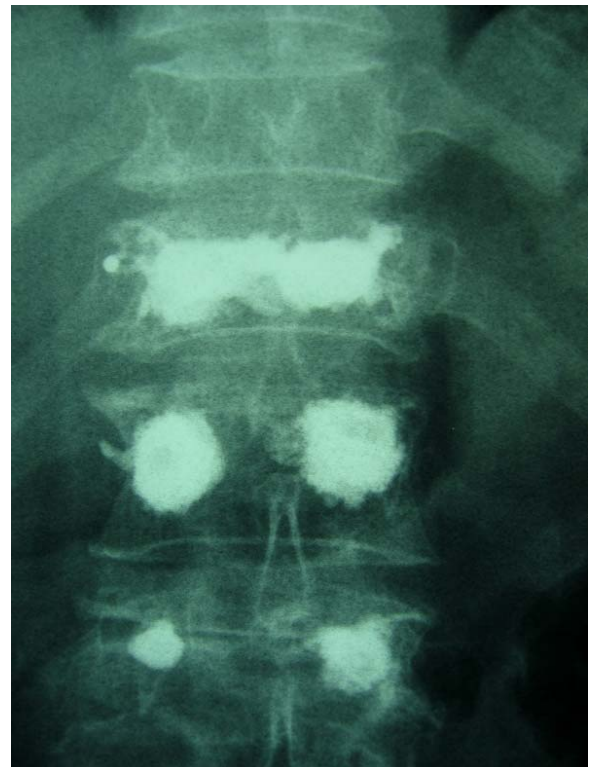
Weiterhin sind als relative Kontraindikationen eine manifeste bakterielle Infektion mit der Gefahr einer Bakteriämie, stabile Frakturen mit einem Alter von mehr als 2 Jahren und osteoplastische Prozesse zu werten [Hoffmann et al. 2003].

Relative Kontraindikationen zur perkutanen Vertebroplastie und Kyphoplastie (gemäß interdisziplinärem Konsensuspapier 11/2005[23])
1. Neurologische Symptomatik des zu therapierenden Wirbelsäulensegments (PVP in Kombination mit operativer Dekompression)
2. Partieller/kompletter Verlust der Hinterkante bei maligner Wirbelkörperfraktur
3. Tumorausdehnung nach epidural mit Spinalkanaleinengung
4. Osteoporotische Frakturen mit fraglicher Instabilität der Hinterkante und Fragmentdislokation
5. Jüngere Patienten (individuelle Abwägung in Anpassung an die Situation des Patienten)
6. Behandlung von mehr als 3 Wirbelkörperhöhen in einer Sitzung

Tabelle 5: Nach Trumm et al. 2006



Abbildung 38: Computertomographie LWK II, Vertebra plana. Eigenes Patientengut.



**Abbildung 39: Augmentierung eines Vertebra plana.
Eigenes Patientengut.**

3.5.2 Absolute Kontraindikationen

Hierzu zählen Rückenschmerzen aufgrund von degenerativen Ursachen oder symptomatische Bandscheibenvorfälle. Auch bei einer Nichtübereinstimmung von Schmerzlokalisierung und zu behandelndem Wirbelsäulenabschnitt sollte keine Kyphoplastie zur Therapie gewählt werden.

Bereits durchgeführte Augmentationen am gleichen Wirbel sowie Vertebra plana mit vollständigem Höhenverlust des Wirbelkörpers sollen ebenso unter die Kontraindikationen fallen (Abbildung 38 -40).

Auch die prophylaktische Augmentierung eines osteoporotisch geschwächten Wirbels oder die Behandlung von Patienten, die von einer medikamentösen Therapie offensichtlich profitieren, sollte unterbleiben.

Eine Allergie gegen eine der für die Prozedur notwendigen Komponenten, insbesondere gegenüber Bestandteilen des Zements, eine floride Osteomyelitis oder Spondylodiszitis der zu behandelnden Wirbelkörper schließen eine Kyphoplastie aus. Weiterhin sind therapierefraktäre Koagulopathien oder hämorrhagische Diathesen als Ausschlußkriterien zu werten [Helmberger et al. 2003].

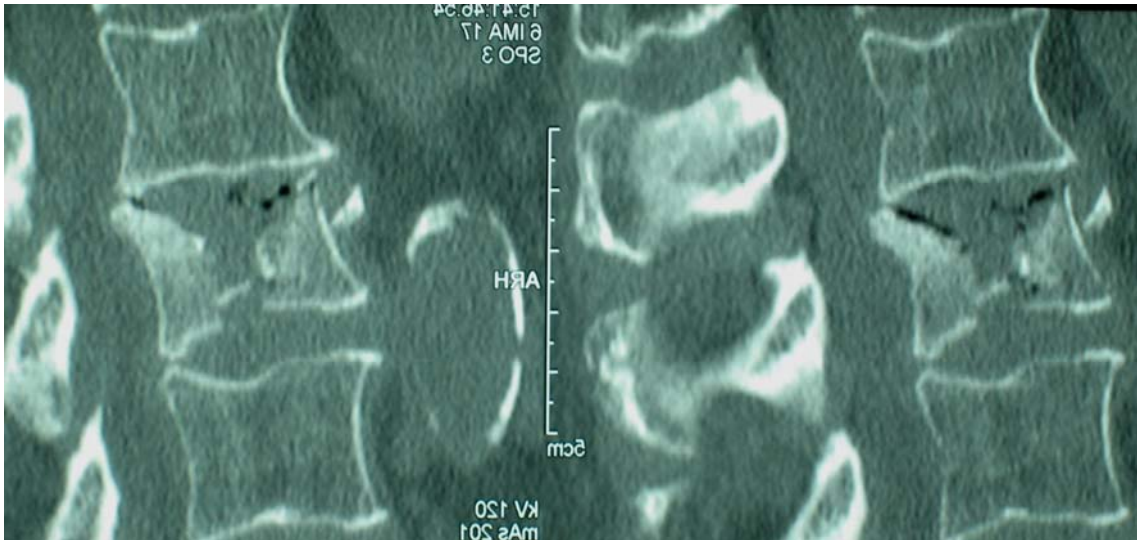
Alle Frakturtypen mit Spaltanteilen wie A2.3 oder A3.2, Frakturen mit überwiegend ligamentären Instabilitätskriterien oder komplette Berstungsfrakturen der Typen A, B und C müssen für die Kyphoplastie nach derzeitigen Erkenntnissen als nicht geeignet angesehen werden, da hierbei die Spaltkomponente der Fraktur durch die Augmentierung nicht stabilisiert wird [Boszczyk et al. 2004] (Siehe Abbildung 41 und 42, Tabelle 6).

Absolute Kontraindikationen zur Vertebroplastie und Kyphoplastie (gemäß Interdisziplinärem Konsensuspapier 11/2005[23])
Asymptomatische, stabile Wirbelkörperfrakturen
Konservative Therapie ausreichend
„Prophylaktische“ Vertebroplastie/Kyphoplastie bei Osteoporose
Bekannte Allergie gegen eine für die Vertebroplastie/Kyphoplastie notwendige Komponente
Therapierefraktäre Koagulopathie bzw. hämorrhagische Diathese
Aktive bakterielle Infektion des betroffenen Wirbelsäulensegments
Aktive systemische Infektion

Tabelle 6: Nach Trumm et al. 2006



**Abbildung 40: Kernspintomographie Vertebra plana LWK II.
Eigenes Patientengut.**



**Abbildung 41: Kontraindikation, Frakturtyp AO TYP A 2.3.
Eigenes Patientengut.**



**Abbildung 42: Postoperative CT-Kontrolle bei Kontraindikation zur Augmentierung.
Eigenes Patientengut.**

3.6 Komplikationen und Fehlerquellen

3.6.1 Präoperative Fehlerquellen

Bereits im Vorfeld der Operation können gravierende Fehler auftreten, welche in der Kyphoplastie des falschen Wirbelkörpers gipfeln können. Um dies zu vermeiden, ist ein konsequent einzuhaltender Standard bei der Auswahl der Patienten für die Operation notwendig. So ist es keine Seltenheit, dass ältere Patienten wiederholt Stürze erleiden. Im Rahmen der röntgenologischen Diagnostik fallen mitunter ein oder zwei scheinbar frische Frakturen auf, okkulte Frakturen bleiben aber unentdeckt. Hierzu muss eine MRT, bei etwaigen Kontraindikationen eine Szintigraphie gefordert werden. Im Umkehrschluss kann manche röntgenologisch als frisch interpretierte Fraktur durch das Fehlen eines Ödems, welches vor allem in der T1- sowie STIR-Sequenz gut zu sehen ist, als Ursache für aktuelle Beschwerden ausgeschlossen werden [Katscher et al. 2006].

3.6.2 Komplikationen

3.6.2.1 Allgemeine Komplikationen

Bei in Lokalanästhesie durchgeführter Kyphoplastie kann es zu einer transienten Schmerzzunahme kommen. Die Inzidenz liegt zwischen 4% [Grados et al. 2000] und 23,4% [Heini et al. 2000]. Dieses Phänomen kann sowohl von einer Vermehrung des intravertebralen Druckes im Rahmen der Dilatation, als auch von einer inflammatorischen Reaktion durch den PMMA-Zement oder durch eine ossäre Ischämie hervorgerufen werden [Deramond et al. 1999].

Ein Fall mit Spondylitis nach perkutaner Augmentierung [Schmid et al. 2005] wird beschrieben. Zusätzlich kommt eine Osteomyelitis bei präoperativem Harnwegsinfekt [Yu et al. 2004] zur Darstellung.

Über Rippenfrakturen, eine Sternumfraktur und Pedikelfrakturen wurde ebenfalls [Kallmes et al. 2002 und Evans et al. 2003] berichtet.

Weitere zugangsbedingte Komplikationen sind Verletzungen neuraler Strukturen mit Punktion des Durasackes und nachfolgendem Liquorverlust, Gefäßpunktionen mit daraus resultierendem Epiduralhämatom oder die Verletzung einer Lumbalarterie mit konsekutiver pulsierender Blutung [Biafora et al. 2006]

Die Wahrscheinlichkeit einer kardiopulmonalen Komplikation durch Fettembolie steigt mit der Zahl an Wirbelkörpern, die im Rahmen einer Behandlungseinheit aufgefüllt werden. Aus diesem Grund sollte nur eine begrenzte Anzahl von Etagen, unabhängig vom Füllmaterial, augmentiert werden [Aebli et al. 2003].

Am Tiermodell wurde die Pathophysiologie der Fettembolieentstehung und der kardiopulmonalen Reaktion auf Zementapplikation im Wirbelkörper untersucht.

Sie beschreibt eine zweiphasige Reaktion, wobei die 1. Phase (<2s) nach der Zementapplikation im Wirbelkörper entsteht und als autonomer Reflex gedeutet wurde. Die 2. Phase (33-164s) steht im Zusammenhang mit einer Fettembolie. Die Punktion und Sondenplatzierung führte zu keinen kardiopulmonalen Reaktionen.

Die später durchgeführte Histologie des Lungengewebes ergab intervaskuläre Fettglobuli und Knochenmarkzellen [Aebli et al. 2002].

Die Studie gibt Hinweise darauf, dass die gefürchtete Zementextravasation nicht alleine für kardiopulmonale Reaktionen verantwortlich gemacht werden kann. Zudem sollte bedacht werden, dass im osteoporotischen Knochen die spongiösen Strukturen durch Fett ersetzt sind.

3.6.2.2 Zementextrudat

Kausal hängt die Extrudatrate von der Knochenpermeabilität, von der Zementviskosität, von der Markviskosität, vom Durchmesser des Extrudatweges, von der Knochenporosität, von der Größe der Injektionskavität und von der Knochenporengröße ab. Unter diesen Faktoren ist nur ein Faktor nicht von der Knochenstruktur abhängig, nämlich die Zementviskosität. Aus diesem Grund wäre der einfachste Weg, das Risiko für eine Extravasation zu senken, indem man die Viskosität des Zementes erhöht. Dies kann zum einem mit Zunahme der Zeit, die vom Mischen bis zur Einbringen verstreicht, zum anderen durch eine Erhöhung des „Pulver-zu-Monomer-Verhältnisses“ erreicht werden. Allerdings wird bei der ersten Möglichkeit die Phase, in der der Zement injiziert wird und injizierbar bleibt, zu kurz; bei der zweiten Möglichkeit kommt es zu Inhomogenitäten des Zementes. Bei zu hoher Viskosität erreicht man außerdem auch keine Verzahnung des Zementes mit der spongiösen Knochenstruktur, sondern nur ein „Beiseiteschieben“ der Strukturen und somit keine adäquate mechanische Abstützfunktion im Bereich des Wirbelkörpers [Bohner et al. 2003].

Untersuchungen zum Zementaustritt bei der Vertebroplastie liegen bei 11-76%, bei der Kyphoplastie liegen die Raten zwischen 4,8-39% [Armsen et al. 2005].

Verschiedene Hypothesen versuchen, die Abnahme der Zementextrudate bei der Kyphoplastie durch Impaktion und „autografting“ des spongiösen Knochens durch den aufblasbaren Ballon, der von zentral in die Peripherie wirkt und somit eine abgrenzbare Kavität mit einer Schicht höherer Knochendichte bewirkt, zu erklären [Verlaan et al. 2005].

Obwohl der Zementaustritt in vielen Fällen einen leicht tolerierten „Schönheitsfehler“ darstellt, stellt er die Hauptquelle für pulmonale und nervale Komplikationen dar.

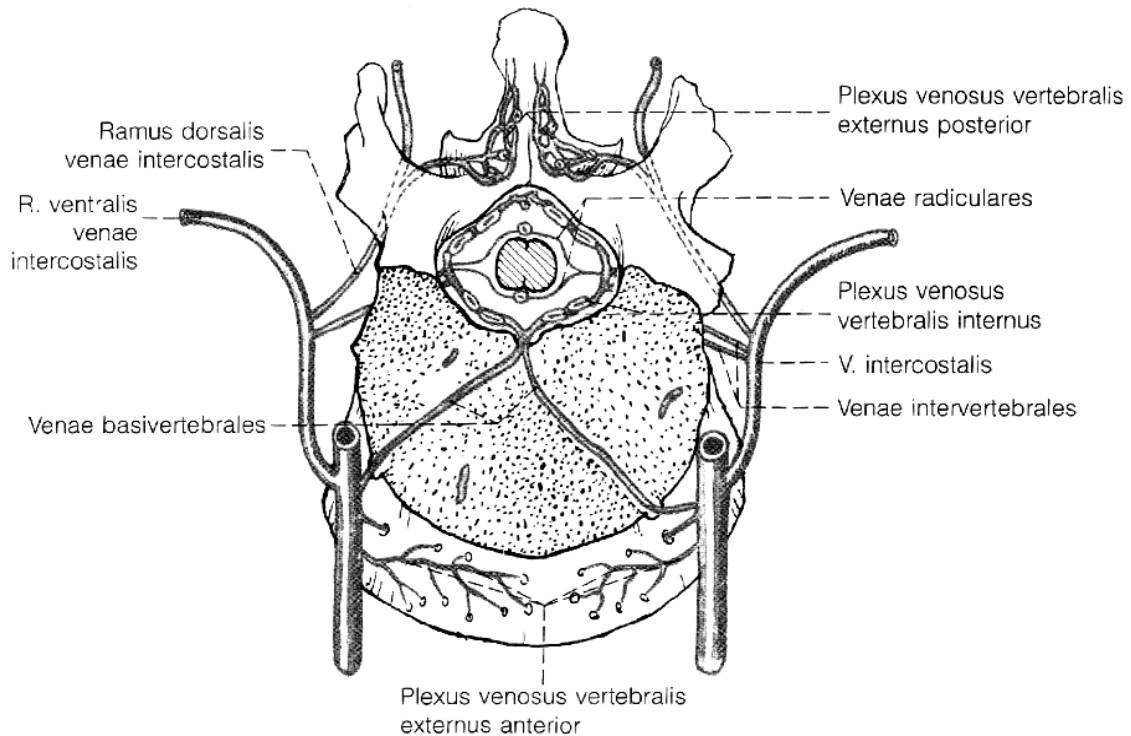
Lungenembolien [Berlemann et al. 2002], Zementembolisation in die V. cava und Pulmonalarterien [Baumann et al. 2006], extrakorporaler Zementabfluss mit Füllung des extraduralen Venenplexus bis in die V. cava [Prymka et al. 2003], paradoxe cerebrale Arterienembolie bei offenem Foramen ovale [Scroop et al. 2002] und renale Embolisierung [Seung-Eun Chung et al. 2006] durch das Extrudat wurden beschrieben.

Komplikationen an nervalen Strukturen gehen von Neuritiden, Radikulopathien bis hin zu einer Paraplegie [Lee et al. 2002].

Insgesamt liegt die Komplikationsrate der Kyphoplastie bei 0,4% pro Patient und die Rate der Zementaustritte bei <10% [Boszczyk et al. 2004], die Rate für eine Lungenembolie, symptomatisch oder asymptomatisch liegt bei 4,6% [Choe et al. 2004].

Anatomie der Wirbelkörper mit Darstellung des Zementextrudates:

Die Blutversorgung des Wirbelkörpers spielt für die Entstehung von Zementaustritten und damit der Komplikation eine elementare Rolle. Einerseits findet sich ein klappenloses Venensystem, das den Spinalkanal (Plexus venosus vertebralis internus) und die paravertebralen Bereiche (Plexus venosus vertebralis externus) entsorgt und andererseits die gute Gefäßversorgung des blutbildenden Knochenmarks im spongiösen Bereich des Wirbelkörpers. Die im Zentrum befindlichen Zentralvenen (Vv. basi-vertebrales) stellen die lumenstärkste Verbindung zwischen dem Wirbelkörper und dem periduralen Venengeflecht dar. Über diesen Abflussweg gelangt der Zement in den Spinalkanal. Der Austritt dieser Venen befindet sich in aller Regel hinter dem Ligamentum longitudinale posterius [Rauschmann et al. 2004] (siehe Abbildung 43-50).



**Abbildung 43: Venöse Gefäßversorgung eines Wirbelkörpers.
Nach Rauschmann 2003.**

Radiologisch konnten 34% der Extrudate im lateralen Strahlengang und 48% im lateralen und a.p.-Strahlengang verifiziert werden. Die Übereinstimmungsrate der entdeckten Zementaustritte CT/Fluoroskopie liegt aber nur bei 66-74%, somit werden intraoperativ einige der Zementaustritte überhaupt nicht wahrgenommen [Schmidt et al. 2005].

Auch Yeom (2003) zeigte, dass mit der CT um den Faktor 1,5 mehr Leckagen entdeckt wurden, wobei genau die Austritte, die die meisten Komplikationen verursachen, nicht entdeckt wurden. Er teilt die Austritte in drei Typen ein: B-Typ: via basovertebrale Venen, S-Typ: via segmentale Venen und C-Typ: via Kortikalisdefekt.

93% der B-Typen und 86% der S-Typen wurden im lateralen Strahlengang nicht gesehen oder unterschätzt. Nur 7% der intraspinalen Extrudate wurden korrekt erkannt [Yeom et al. 2003] (Abbildung 44 und 45).

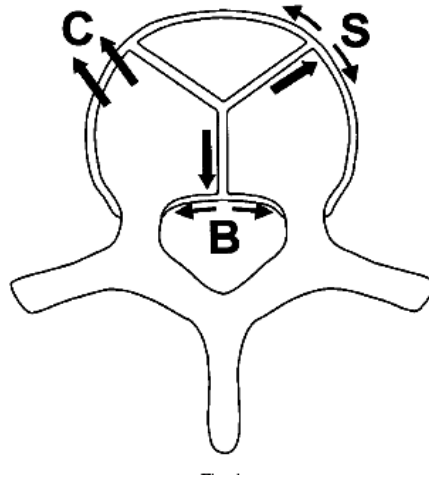


Abbildung 44: Nach Yeom et al. 2003.
Typisierung der Leckage.
Typ B: Via V.v. basivertebrales, Typ S: Via segmental Venen
Typ C: Via Kortikalisdefekt



Abbildung 45: Postoperative CT-Kontrolle mit Zementaustritt in den Spinalkanal.
Eigenes Patientengut.



Abbildung 46: Postoperative CT-Kontrolle (sagittale Schnittebene) mit Zementaustritt in den Spinalkanal. Eigenes Patientengut.

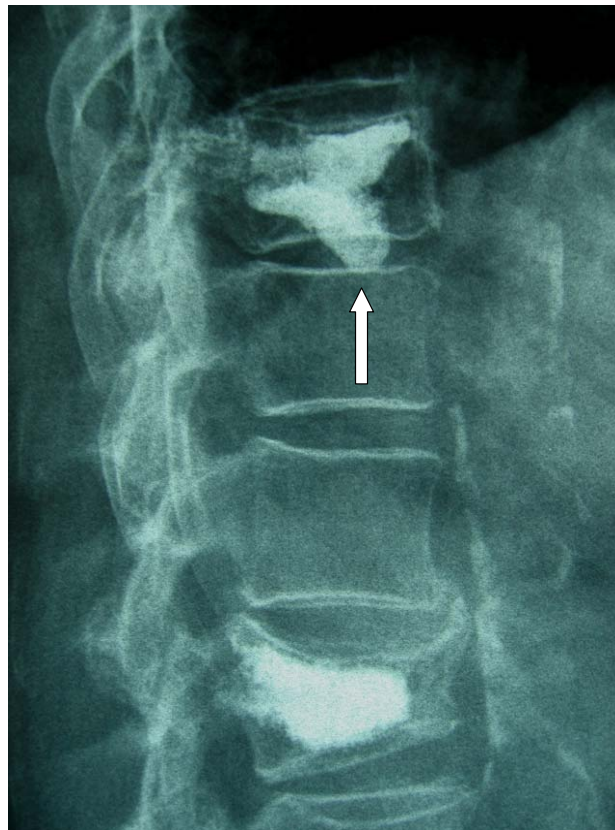
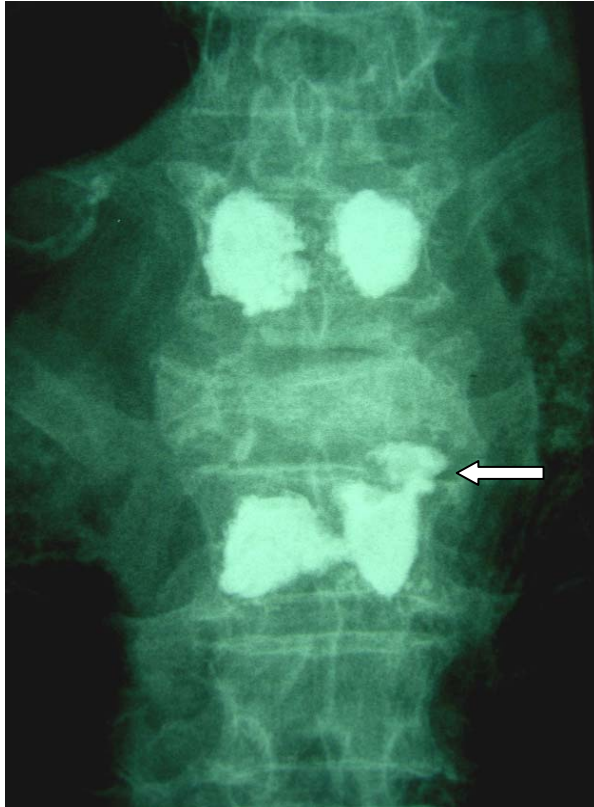


Abbildung 47: Postoperative Röntgenkontrolle mit Zementaustritt intervertebral. Eigenes Patientengut.



**Abbildung 48: Intervertebrales Zementextrudat.
Eigenes Patientengut.**



**Abbildung 49: Zementabfluss in die linke Pulmonalarterie.
Nach Krause 2004.**



**Abbildung 50: Zementextrudat im epiduralen Venensystem.
Nach Krause 2004.**

Eine Möglichkeit der Darstellung des Venensystems und somit des Hauptabflußgebietes ist die Phlebographie, sie kann die potentielle Zementaustrittsstelle beschreiben [Vasconcelos et al. 2002].

Die Venographie kann die Flusscharakteristik des Zementes im Wirbelkörper und in den venösen Strukturen vorhersagen. Während zu 100% Zementextrudate in die Endplatten und zentralen Defekten angezeigt werden, können nur 29% in das venöse Abstromgebiet vorhergesagt werden [Mehbod et al. 2003].

Nachteil dieser Gefäßdarstellung vor Beginn der Augmentierung sind hohe Allergieraten gegen Röntgenkontrastmittel, höhere Strahlenbelastung, Pooling des Kontrastmittels im Wirbelkörper, Verlängerung der Operationsdauer sowie höhere Kosten. Insbesondere das so genannte „pooling“ von Kontrastmittel im Wirbelkörper kann zu Interpretationsschwierigkeiten bei der nachfolgenden Augmentierung führen. Ist der Blutfluss im Wirbelkörper geringer als erwartet, kann Kontrastmittel zurückbleiben und die Beurteilung des Zementflusses behindern. Aus diesem Grund wird die Phlebographie nur bei Tumoren und Angio-

men empfohlen, da hier mit einem ausreichend hohen Blutdurchsatz zu rechnen ist und das Kontrastmittel nicht für lange Zeit im Wirbelkörper verbleibt [Rauschmann et al. 2003].

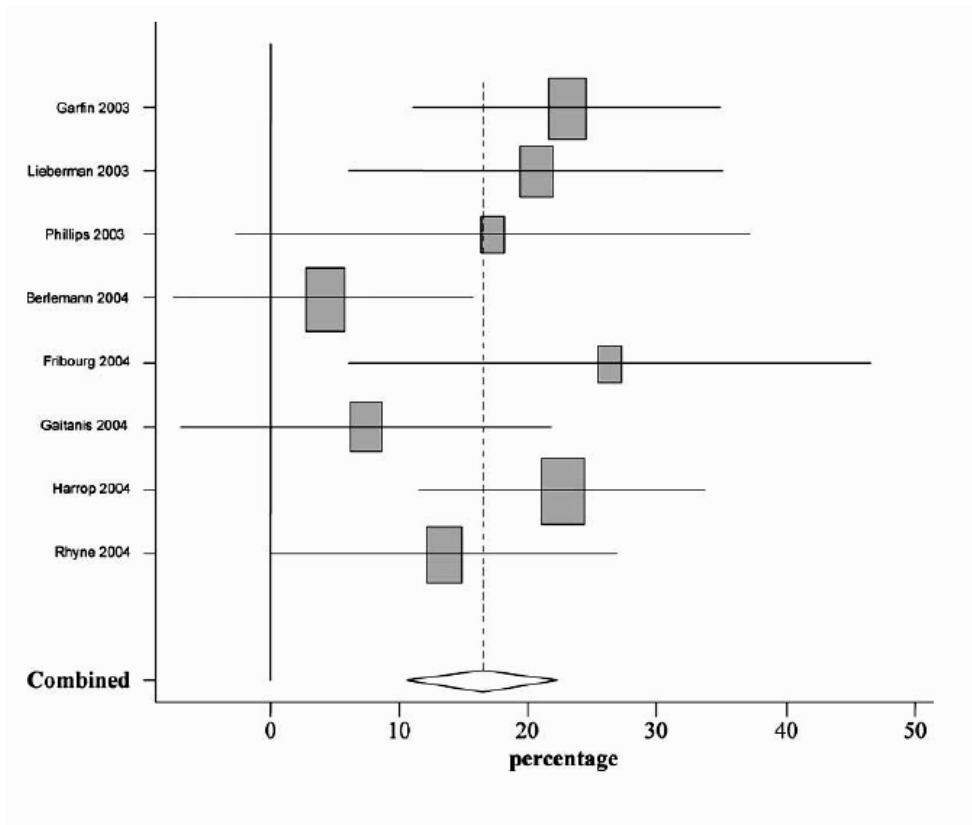
Eine weitere Möglichkeit zur Reduktion der Zementeextrusion besteht in der Erhöhung des intrathorakalen venösen Druckes durch den Anästhesisten während der Zementierungsphase [Groen et al. 2004].

3.6.2.3 Anschlussfrakturen

Eine Vielzahl von Autoren beschreibt nach der Augmentierung von Wirbelkörpern ein erhöhtes Risiko von sekundären Frakturen an den der augmentierten benachbart liegenden Wirbeln. Die Odds ratio für eine Wirbelkörperfraktur in der unmittelbaren Nähe eines zementierten Wirbels liegt zwischen 3,18 und 2,27 verglichen mit einem in unmittelbarer Nähe eines nicht zementierten Wirbels lokalisierten Wirbels [Hadjipavlou et al. 2005].

Die Inzidenz für eine Folgefraktur pro Kyphoplastie liegt bei 15,1%, die Inzidenz pro Patient bei 22,6% [Harrop et al. 2004] bzw. 20% im folgenden Jahr [Syed et al. 2005].

Ein Vergleich mehrerer Studien zeigt, dass 16,5% der Patienten eine neue Wirbelkörperfraktur innerhalb eines Jahres nach der Erstbehandlung erleiden [Bouza et al. 2006] (Abbildung 51).



**Abbildung 51: Studienvergleich zu Anschlussfrakturen.
Nach Bouza et al. 2005.**

67% aller Folgefrakturen zeigen sich zeitlich gesehen nach 3 Monaten, wobei sich hier 67% an den benachbarten Wirbelkörpern zeigen und 33% an den weiter entfernt von den Augmentierten liegenden [Uppin et al. 2003].

Eine genaue zeitliche Auflistung zeigt innerhalb 1 Woche bei 3,6%, zwischen 1 Woche und 1 Monat bei 39,3%, zwischen 1 und 3 Monaten bei 21,4% und zwischen 3 und 6 Monaten bei 21,4% eine frische Folgefraktur, und nach mehr als 6 Monaten bei 14,3% [Tanigawa et al. 2006].

Hierbei zeigen sich aber mehr Folgefrakturen cranial als caudal des augmentierten Wirbels [Fribourg et al. 2004].

Das Risiko für eine Anschlussfraktur steigt allgemein im thorakolumbalen Übergang, bei zunehmender Nähe zum augmentierten Wirbel und dem Grad der Wirbelkörperaufrichtung [Kim et al. 2004].

Die Wiederherstellung der vertebralen Steifigkeit nach Augmentierung ist stark abhängig vom Volumen des implantierten Zementes. Nur ein geringes Volumen von Knochenzement ist notwendig, die Steifigkeit des frakturierten Wirbelkörpers wieder auf präfrakturierte Werte zu heben (14%, ca. 3,5 ml³). 30% zeigen eine 50%ige Erhöhung über die Werte eines nicht frakturierten Wirbelkörpers [Liebscher et al. 2001].

Im Mittel reicht ein Füllvolumen von 16,2% bis 29,8% zwischen dem 9. Brustwirbel und dem 5. Lendenwirbel, um die Ausgangswerte für Festigkeit und Steifigkeit wieder zu erlangen [Melloy et al. 2003].

Bei maximaler Füllung, wobei diese umgekehrt proportional zur Knochendichte ist, steigt die Steifigkeit des augmentierten Wirbelkörpers auf 174% der Ausgangswerte [Heini et al. 2001].

Diese weit verbreitete Praktik der Maximalfüllung mit Zement, um die Festigkeit und Steifigkeit des frakturierten Wirbelkörpers wiederherzustellen, kann aber zu sekundären Frakturen führen [Berlemann et al. 2002].

Weitere Gründe für diese Folgefrakturen werden unter anderem in einer Leckage in den Diskus intervertebralis gesehen, 58% der Folgefrakturen wurden bei einem Zementextrudat in den Diskus gesehen, wohingegen nur in 12% der Fälle benachbarte Folgefrakturen entstanden, wenn sich kein Zement im Diskus intervertebralis befand [Lin et al. 2004].

Andere Autoren sehen keine Signifikanz zwischen Lokalisation der Folgefraktur und der Anwesenheit von Zement im Bandscheibengewebe [Syed et al. 2005].

Auch zeigt sich ein signifikanter zeitlicher Unterschied bis zu einer Folgefraktur an einem zu einem augmentierten und einem weiter entfernt liegenden Wirbel bei einem insgesamt 4,62-fach erhöhtem Risiko für die benachbarte Folgefraktur im Gegensatz zu einer nicht benachbarten Folgefraktur [Trout et al. 2006].

Biomechanische Arbeiten mit Finite-Elemente-Modellen versuchen, das Risiko mit Lastverteilungsänderungen zu erklären, die durch den rigiden Zement, der unterhalb der Endplatte liegt, und durch die Augmentierung verringerte Ein-

wärtsbiegung der Endplatte und somit erhöhtem intervertebralen Druck, eine Art „Stempeleffekt“ entsteht [Baroud et al. 2003, 2005].

Diese Erhöhung des Drucks im Nucleus pulposus führt zu einer Belastungs- und Beanspruchungserhöhung des benachbarten Wirbelkörpers. Diese Load-shift führt dann zu einer Veränderung der Lastverteilung und damit zu einem erhöhten Risiko für eine Anschlussfraktur [Polikeit et al. 2003].

Die Kombination dieser beiden Effekte führt zu einem Versagen des benachbarten Wirbels bei signifikant niedrigeren spinalen Belastungen [Berlemann et al. 2002].

Insgesamt vergrößert die Augmentierung die Segmentbewegungssteifigkeit und verändert somit die Knochenbelastungsverteilung der behandelten und benachbarten Segmente [Keller et al. 2005].

Eine Untersuchung zeigt, dass der Druck im Nucleus pulposus nach der Fraktur erniedrigt ist, nach der Behandlung zwar wieder minimal erhöht ist, die präfrakturierten Werte aber nicht mehr erreicht werden [Ananthakrishnan et al. 2005].

Ein weiteres Finite-Elemente-Modell zeigt, dass die Belastungs- und Beanspruchungsveränderungen in zu den kyphoplastierten Wirbelkörpern benachbarten Segmenten minimal sind und das tolerable Versagenslimit für spongiösen und kortikalen Knochen nicht erreichen [Villarraga et al. 2005], insgesamt scheint die Anwesenheit von Knochenzement nur einen geringen Effekt auf die Belastungen im direkt benachbarten Wirbelkörper zu haben [Villarraga et al. 2004].

So kommt die Tatsache zum Tragen, dass Patienten osteoporotische Frakturen in 11,5% bei einer solitären prävalenten Wirbelkörperfraktur und 24% bei mehr als 2 prävalenten Wirbelkörperfrakturen innerhalb eines Jahres auch ohne Zementierung erleiden, wobei hiervon 23% dann symptomatisch sind, [Lindsay et al. 2001]. Somit stellt nicht die erhöhte Steifigkeit des augmentierten Wirbels, sondern die Vorwärtsverlagerung des Oberkörpers bei Keilfrakturen den dominanten Faktor für Anschlussfrakturen dar [Rohlmann et al. 2005].

Die anteriore kortikale Belastung ist somit auf den Apex der thorakalen kyphotischen Kurve konzentriert, der Wirbelkörper unmittelbar oberhalb des kyphotischen Keilwirbels hat den nächst höheren Belastungsgrad und somit das höchste Risiko für eine sekundäre Fraktur [Kayanja et al. 2004].

Völlig konträr dazu zeigt aber eine andere Studie, dass in einer augmentierten Gruppe signifikant weniger Anschlussfrakturen im thorakalen und lumbalen Wirbelsäulenbereich im Vergleich zu einer nicht augmentierten Gruppe in den folgenden 12 Monaten entstanden sind [Grafe et al. 2005].

Es ist also weiterhin unklar, ob die Zementierung, die Erhöhung der Steifigkeit des Wirbelkörpers durch die Augmentierung oder das Fortschreiten der Grunderkrankung zu weiteren Frakturen führt [Rao et al. 2003].

3.7 Realignment und Outcome

3.7.1 Analgetischer Effekt

Bei schwerer Osteoporose führen vor Eintreten einer manifesten Wirbelkörpersinterungsfraktur z. T. schon Mikrofrakturen der Spongiosa oder kleinere Impressionsfrakturen zu einer starken Schmerzsymptomatik. Die schnelle Schmerzreduktion nach einer Zementaugmentierung ist auf die Stabilisierung der Trabekelstrukturen des Wirbelkörpers durch den eingebrachten Knochenzement zurückzuführen.

Daneben wird ein zytotoxischer bzw. neurotoxischer Effekt des Polymethylmetacrylates (PMMA) diskutiert, da auch bei Installation von geringen Mengen an Knochenzement eine signifikante Schmerzreduktion erreicht wird. Der zytotoxische Effekt des Zementes und die exotherme Reaktion beim Aushärten des PMMA sollen die terminalen nozizeptiven Nervenendigungen schädigen [Trumm et al. 2006].

An Kadaverwirbelkörpern wurde die Temperaturentwicklung an verschiedenen Stellen des Wirbelkörpers im 37°C warmen Wasserbad getestet. Im Spinalkanal stieg die Temperatur aber in dieser Versuchsserie nie über 41°C, somit kann von einer thermischen Schädigung von neuralen Geweben im Rahmen der Zementpolimerisation nicht ausgegangen werden [Deramond et al. 1999].

Eine weitere Studie zeigte aber Spitzentemperaturen am anterioren Kortex von 44°C bis 113°C, im Wirbelkörperzentrum von 49°C bis 112°C und im Spinalkanal von 39°C bis 57°C. Temperaturen von über 50°C wurden am anterioren Kortex bis zu 5,5 Minuten, im Wirbelkörperzentrum bis zu 8 Minuten und im Spinalkanal bis zu 2,5 Minuten gemessen. Eine thermisch bedingte Nekrose der neuralen Strukturen ist also in diesem Fall durchaus erklärbar [Belkoff et al. 2003].

Die durch die Nekrose entstandene Schmerzreduktion setzt voraus, dass der Schmerz von intraossären Nervenendigungen, die in unmittelbarer Nähe des polymerisierenden Zementes liegen, ausgeht.

Sollte der Schmerz allerdings von nervalen Strukturen des Periostes ausgehen, bleibt der thermische Effekt unbedeutend [Rauschmann et al. 2004].

3.7.2 Realignment

Da die anatomische Wiederherstellung des Skelettsystems in der Behandlung von akut aufgetretenen Frakturen als eines der wichtigsten Behandlungsziele gilt, wurde das Kyphoplastiesystem entwickelt, welches eine weitgehende Aufrichtung der Wirbelkörperdeckplatten ermöglicht.

Schon alleine durch die Bauchlagerung kann es aber zu einer spontanen Reduktion der Wirbelkörperkeilformität von $6,5^\circ \pm 4,1^\circ$ kommen.

Durch die Inflation des Ballons erreicht man eine weitere signifikante Verbesserung des Cobb-Winkels (Abbildung 63) um weitere $3,4^\circ$ im Vergleich zum Ausgangswinkel.

Postoperativ kann es aber bei der Messung zu einem signifikanten Korrekturverlust in der „Stehaufnahme“ im Vergleich zur intraoperativen Messung in Bauchlage nach Zementapplikation kommen [Voggenreiter et al. 2005].

Die mittlere Postinflationshöhe war signifikant höher als die mittlere Postkompressionshöhe, aber signifikant niedriger als die intakte Wirbelkörperhöhe [Belkoff et al. 2002], wobei die Zunahme der Wirbelkörperhöhe in einer Abnahme der benachbarten Bandscheibenhöhe resultiert [Verlaan et al. 2005].

Eine Verbesserung der Wirbelkörperhöhe wurde zu 92% erreicht. Ein Höhen Gewinn an der Wirbelkörpervorderkante wurde in 87% gesehen, mit einem mittleren Wiederherstellungsgrad von 49% oder 4,3 mm. Die mittlere Wirbelkörperhöhe wurde zu 92% aufgerichtet mit einem mittleren Wiederherstellungsgrad von 51,7% oder 4,9 mm. Der Kyphosewinkel wurde in 89,6% verbessert mit einem mittleren Korrekturwinkel von $7,6^\circ$ bzw. 53% [Gaitanis et al. 2005].

47% Kyphoseverbesserung wurden festgestellt, wobei es zu keinem sekundären Höhenverlust nach einem Jahr kam. Das Potential zur Reduktion war signifikant abhängig vom präoperativem Grad der Kyphose, der Höhenlokalisation des behandelten Wirbelkörpers und dem Alter der Fraktur. Insgesamt war aber die Schmerzreduktion unabhängig vom Grad der Korrektur der Wirbelkörperhöhe und dem Volumen des injizierten Zementes [Berlemann et al. 2004]. Werden nur die Wirbelkörperfrakturen mit einem Frakturalter unter 40 Tagen berücksichtigt, so ergibt sich eine durchschnittliche Korrektur des Kyphosewinkels um 54,6%. Bei älteren Frakturen konnte lediglich eine durchschnittliche Kyphosekorrektur um 35,8% des initialen Kyphosewinkels erzielt werden [Franz et al. 2004].

Bei 70% der kyphoplastierten Wirbelkörper wurden 47% der verlorenen Höhe wiederhergestellt [Liebermann et al. 2001].

Mehr als 20% Wiederherstellung der vorderen Wirbelkörperhöhe zeigte sich bei 63% der Frakturen, im Mittel waren es 30%. Größer gleich 20% Wiederherstellung der mittleren Wirbelkörperhöhe wurden bei 69% erreicht, im Mittel waren es 50%. Die mittlere Korrektur des Kyphosewinkels war 6,3° [Atalay et al. 2005], 7° [Majd et al. 2005] bzw. 8,8° im Mittel bei einer Spanne von 0 - 29° [Phillips et al. 2003]. In der thorakalen Wirbelsäule kommt es aber zu einer höheren möglichen Winkelkorrektur als in der lumbalen Wirbelsäule (8,5° versus 6,4°) [Pradhan et al. 2006].

Die Gesamtzahl der Wirbelkörperdeformitäten geht nach Kyphoplastie von 89,9% auf 53,6% zurück [Ledlie et al. 2005].

Allgemein ist aber der Höhengewinn abhängig vom geschätzten Alter der Fraktur, die besten Ergebnisse zeigen sich bei Frakturen, die weniger als zwei bis drei Monate alt sind. Höhenwiederherstellung von 89% und mehr der geschätzten normalen Wirbelkörperhöhe wurde bei 60% der akuten Frakturen und bei 26% der chronischen Frakturen erreicht. Weniger als 10% Korrektur des Höhenverlustes wurden bei 8% der akuten und 10% der chronischen Frakturen erreicht. Die mittlere Wirbelkörperhöhe verbesserte sich signifikant nach

Kyphoplastie von 58 auf 86% bei den akuten und von 56 auf 79% bei den chronischen Frakturen [Crandall et al. 2004].

Bei Frakturen, die innerhalb von 3 Monaten nach Trauma versorgt werden, kommt es zu einer über 50%igen Kyphoseverbesserung [Garfin et al. 2001].

Zunehmendes Alter der Fraktur korreliert leicht mit erhöhtem postoperativem Schmerzmittelbedarf, am meisten bei Patienten, die bereits präoperativ einen erhöhten Schmerzmittelbedarf hatten. Insgesamt korreliert hoher präoperativer mit hohem postoperativem Schmerzmittelbedarf. Reduzierte präoperative Mobilität korreliert mit reduzierter postoperativer Mobilität [Kaufmann et al. 2002].

Die Rolle der Wiederherstellung der Wirbelkörperhöhe nach Kyphoplastie und damit einhergehender Schmerzreduktion ist nach wie vor unklar. Ob diese Reduktion der Schmerzen lediglich auf die mechanische Stabilisierung der Fraktur durch Einbringen des Knochenzementes zurückzuführen ist, oder ob die Schmerzreduktion auch mit der Höhe der Aufrichtung korreliert, kann derzeit noch nicht endgültig beurteilt werden [Voggenreiter et al. 2006].

3.7.3 Outcome

Über eine sofortige Schmerzreduktion wird von 89% der Patienten schon bei der ersten postoperativen Visite berichtet [Majd et al. 2005].

Schon die ersten Studien zeigten eine deutliche Schmerzreduktion nach Kyphoplastie bei 96% der Patienten bei einem follow-up von 48 Monaten [Grados et al. 2000].

Eine signifikante Schmerzreduktion von durchschnittlich 82% bei den operativ behandelten Patienten im Gegensatz zu 42% Schmerzreduktion bei nicht operativ versorgten Patienten zeigt zwar einen kleineren Wert, aber doch einen deutlichen Unterschied zur Kontrollgruppe [Weißkopf et al. 2003].

Zur Validierung der Schmerzreduktion wird in den meisten Fällen der VAS-Score benutzt.

So werden über präoperative VAS-Werte von 7,2 [Grohs et al. 2005] bis 9,16 [Rhyne et al. 2004] und postoperative VAS-Werte von 2,1 [Wilhelm et al. 2003] bis 4,3 [Crandall et al. 2004] nach Kyphoplastie berichtet.

Auch die „back pain related doctor visits“ zeigen in der Kyphoplastiegruppe einen signifikant niedrigeren Wert als in der konservativ behandelten Kontrollgruppe: Im Mittel sind dies 3,3 Arztbesuche pro Patient in der Kyphoplastiegruppe und im Mittel 8,6 Arztbesuche pro Patient in der Kontrollgruppe, während eines 6-monatigen Kontrollzeitraums [Kasperk et al. 2005].

Die Mobilitätsklassifikation der Patienten, die gemäß den EVOS-Kriterien ausgewertet wurde, zeigte eine signifikante Verbesserung in der Kyphoplastiegruppe sowohl unmittelbar postoperativ als auch nach 6 und 12 Monaten [Nöldge et al. 2006].

Insgesamt kommt es zu einer Reduktion des Schmerzmittelbedarfs um 68% und einer merklichen Verbesserung der Patientenaktivität [Schulte et al. 2006].

4 Patientengut

4.1 Material

Im Zeitraum von 4/2005 bis 6/2006 wurden 33 Patienten von uns mit einer Ballon-Kyphoplastie perkutan ohne weitere chirurgische Eingriffe versorgt. Es handelte sich um 27 (81,82%) Frauen und 6 (18,18%) Männer (Abbildung 52) mit einem Durchschnittsalter von 78 (57-96) Jahren (Abbildung 53 und 54).

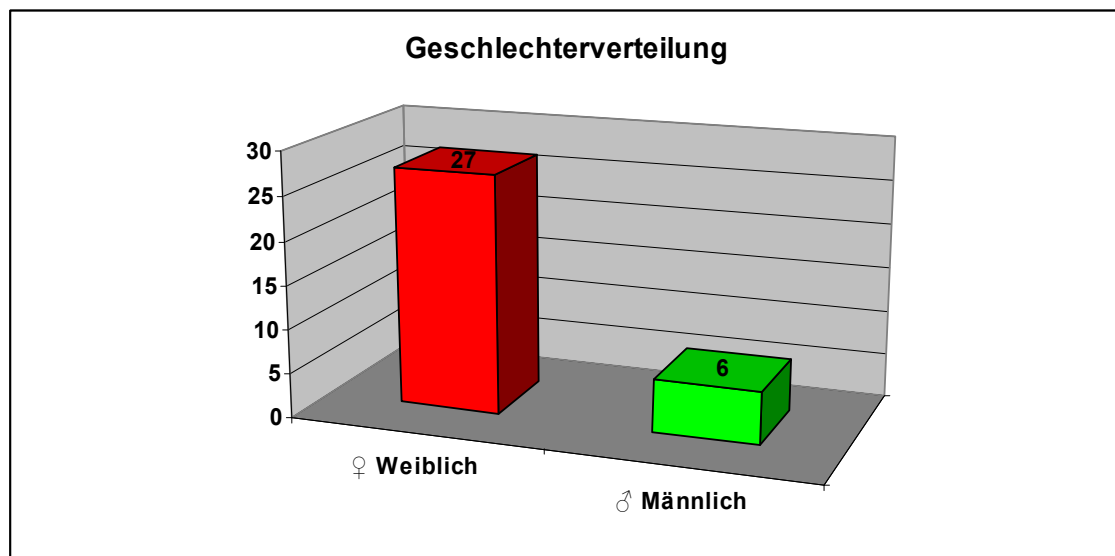


Abbildung 52

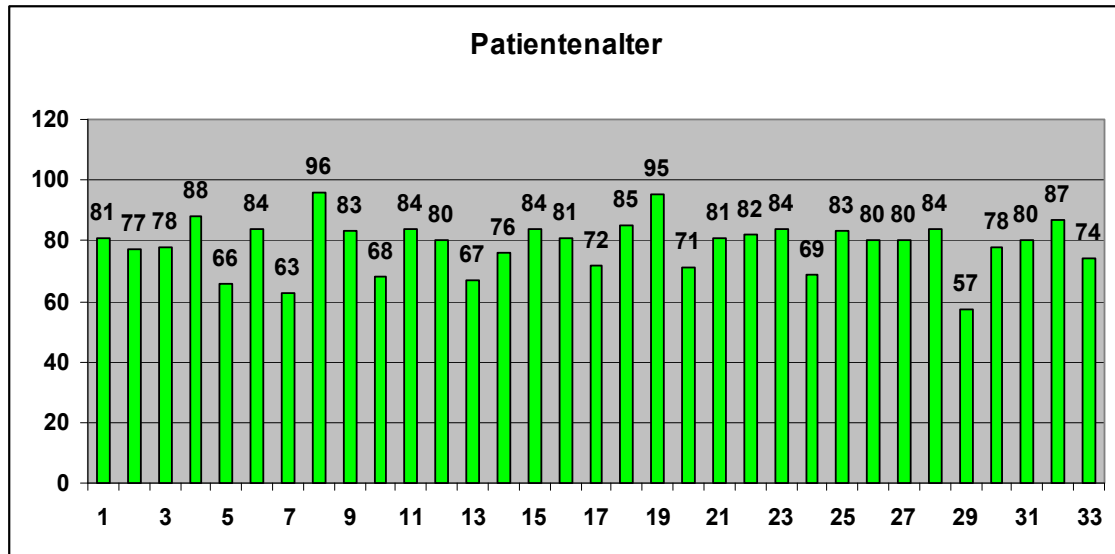


Abbildung 53

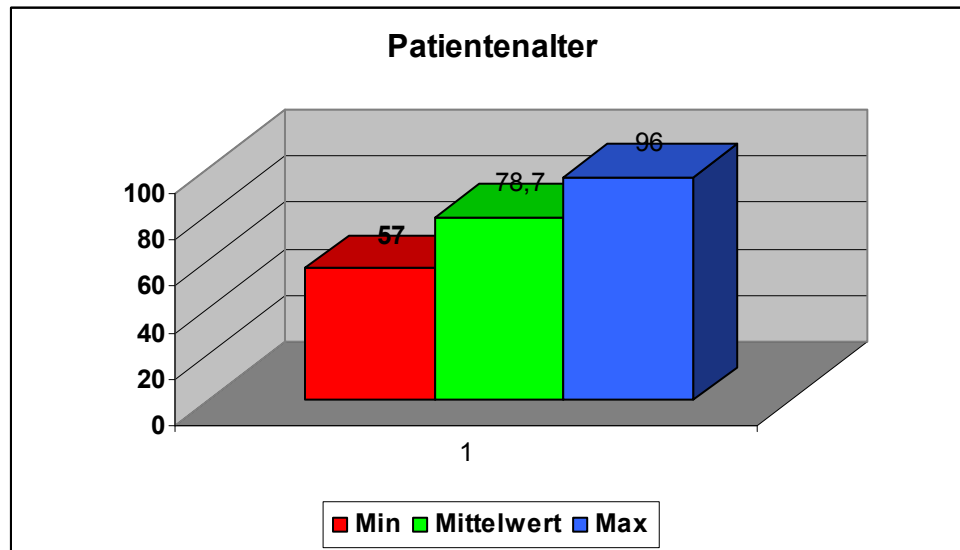


Abbildung 54

Hierbei wurden im Mittelwert 1,96 Wirbelkörper (maximal 5 Wirbelkörper – minimal 1 Wirbelkörper) augmentiert, wobei bei 14 (42,43%) Patienten 1 Wirbelkörper, bei 9 (27,27%) Patienten 2 Wirbelkörper, bei 7 (21,12%) Patienten 3 Wirbelkörper, bei 1 (3,03%) Patienten 4 Wirbelkörper und bei 2 (6,06%) Patienten 5 Wirbelkörper versorgt wurden (Abbildung 55).

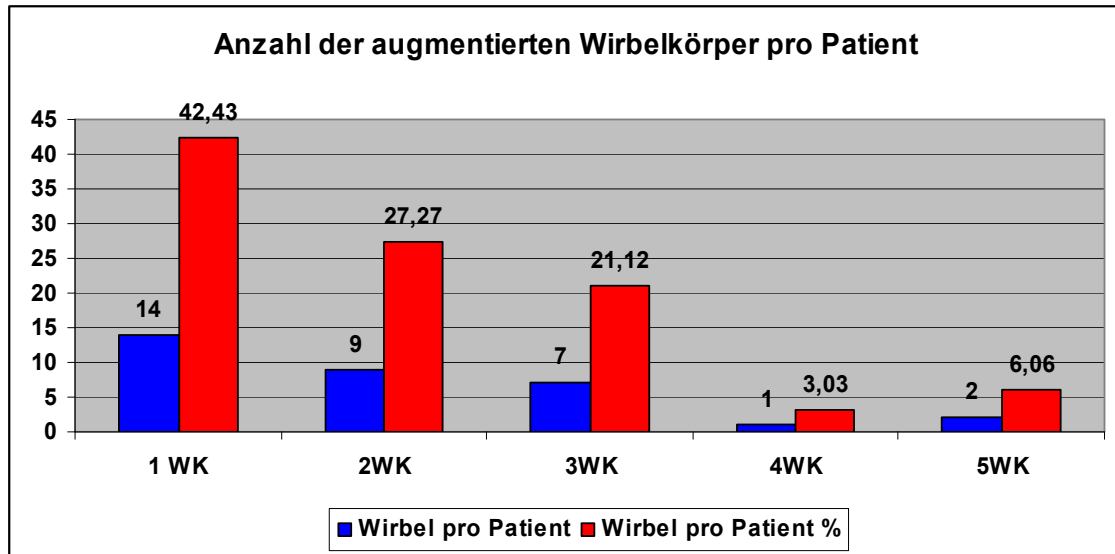


Abbildung 55

Die Frakturlokalisierung war in 1 (1,49%) Fall bei BWK VI, in 1 (1,49%) Fall bei BWK IX, in 2 (2,99%) Fällen bei BWK X, in 6 (8,96%) Fällen bei BWK XI, in 10 (14,93%) Fällen bei BWK XII, in 16 (23,88%) Fällen bei LWK I, in 18 (26,87%) Fällen bei LWK II, in 8 (11,94%) Fällen bei LWK III, in 4 (5,97%) Fällen bei LWK IV und in 1 (1,49%) Fall bei LWK V (Abbildung 56).

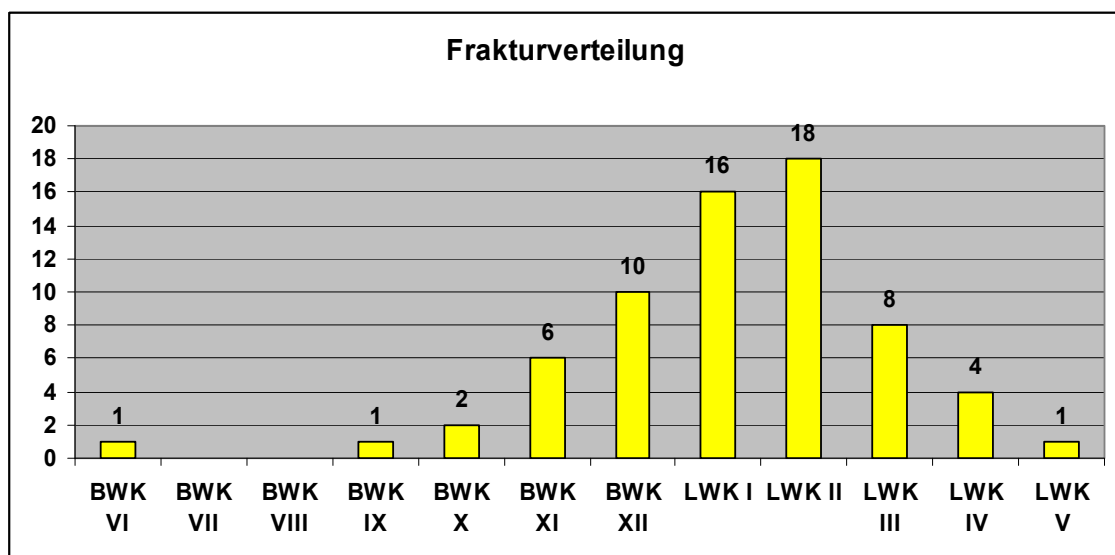


Abbildung 56

Die Analyse der Frakturtypen ergab bei 23 (34,33%) Patienten eine A1.1 Fraktur, bei 32 (47,76%) Patienten eine A1.2 Fraktur, bei 7 (10,45%) Patienten eine A1.3 Fraktur, bei 1 (1,49%) Patienten eine A2.3 Fraktur, bei 3 (4,48%) Patienten eine A3.1 Fraktur und bei 1 (1,49%) Patienten eine Vertebra plana (Abbildung 57). Die Klassifikation erfolgte nach Magerl [Magerl et. al. 1994].

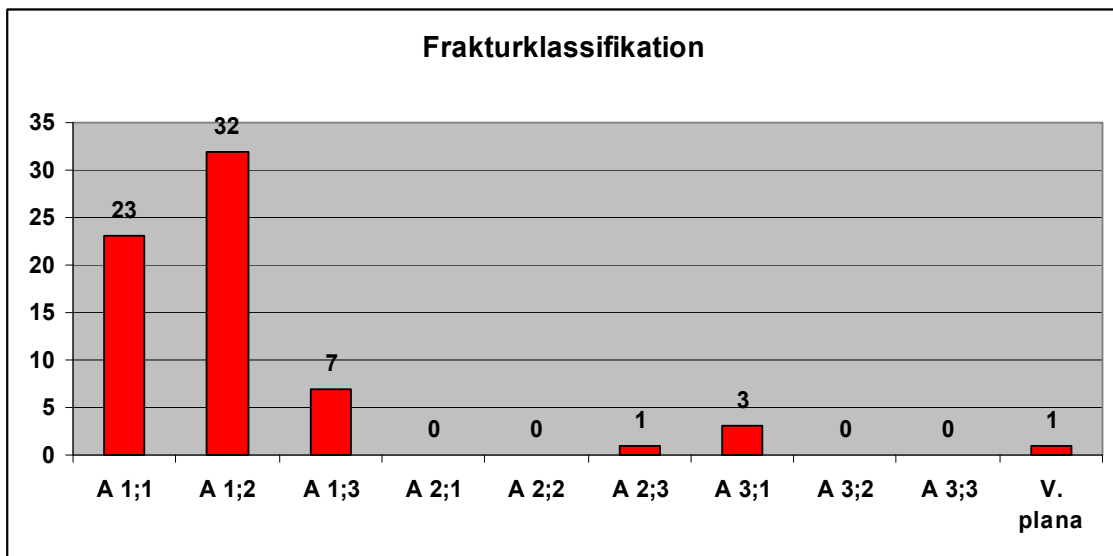


Abbildung 57

Bei 14 Patienten wurde 1 Wirbel, bei 9 Patienten wurden 2 Wirbel, bei 7 Patienten wurden 3 Wirbel, bei 1 Patienten wurden 4 Wirbel und bei 2 Patienten wurden 5 Wirbel augmentiert (Abbildung 58).

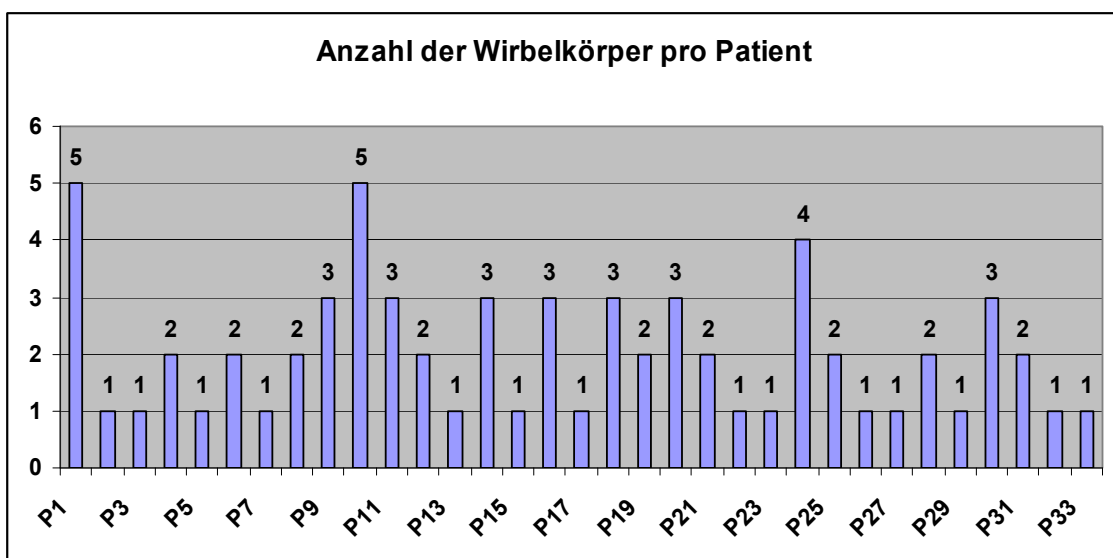


Abbildung 58

Von den 67 Wirbelkörperfrakturen konnten mittels CT oder MRT 45 (67,17%) als frische Fraktur (Knochenmarködem in der MRT) und 22 (32,83%) als ältere Fraktur (Kein Knochenmarködem in der MRT) eingestuft werden (Abbildung 59).

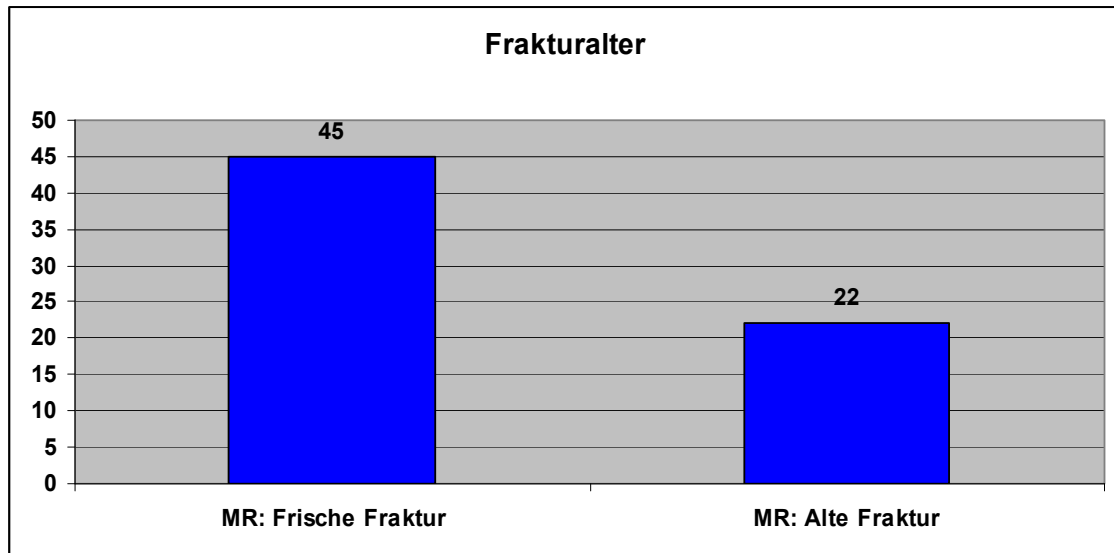


Abbildung 59

Zur stationären Aufnahme kam es bei allen Patienten wegen eines niederenergetischen Bagateltraumas, wie zum Beispiel einen Sturz auf das Gesäß, mit oder ohne vorbestehende Rückenschmerzen, was in Anbetracht des Alters der Patienten nicht immer eindeutig anamnestiziert werden konnte.

Der stationäre Aufenthalt betrug durchschnittlich 13,97 Tage (3-37 Tage), wobei der DRG in Bezug auf die Anzahl der Nebendiagnosen im Schnitt mit 7,66 (0-16) relativ hoch war (Abbildung 60 und 61).

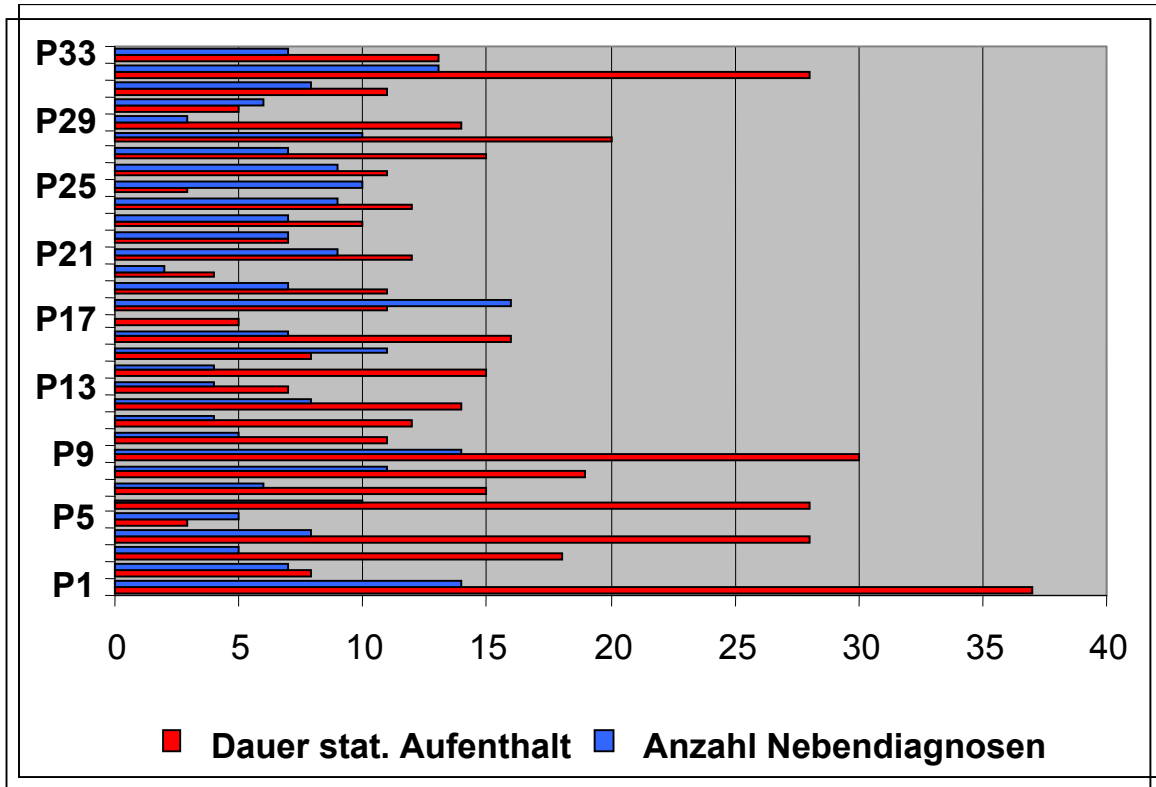


Abbildung 60

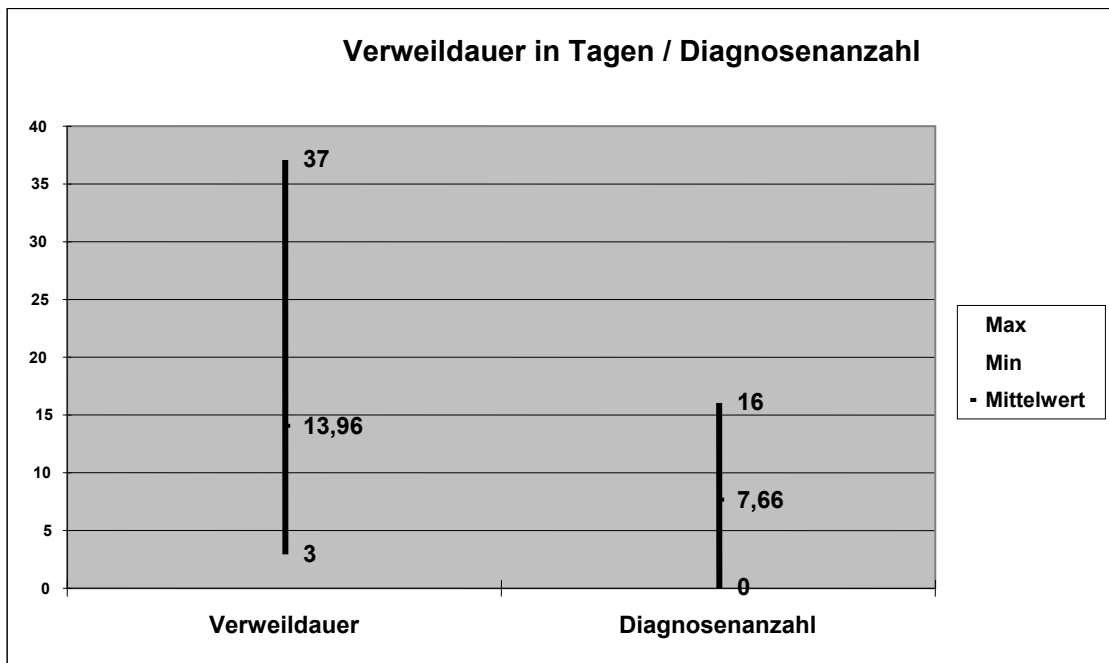


Abbildung 61

4.2 Methoden

Von den 33 augmentierten Patienten konnten 30 (90,91%) nachuntersucht werden.

2 der restlichen 3 Patienten waren aufgrund von weiteren Erkrankungen in stationärer Behandlung in anderen Krankenhäusern und konnten auch nicht telefonisch befragt werden. Von einer Patientin kam keine Meldung.

Die 30 verbliebenen Patienten wurden zum einem teils retrospektiv, präoperativ und zum anderen postoperativ im Durchschnitt nach 170 Tagen (6-380 Tage) befragt und nachuntersucht.

Die Befragung wurde standardisiert mit einem etwas modifizierten VAS-Score [Knop et al. 2001], dem Oswestry disability index [Fairbank et al. 2000, Mannion et al. 2006] und dem Roland-Morris low back pain and disability questionnaire [Roland et al. 1983] durch den Patienten selbst durchgeführt (siehe Anhang).

Nach Abschluss der Befragung wurde eine Röntgenaufnahme der betreffenden Region angefertigt.

Zur Auswertung der präoperativen, postoperativen und der zum Untersuchungstermin angefertigten Röntgenbilder konnte nur der Winkel (α) zwischen den betroffenen Grund- und Deckplatten gewählt werden, da wegen der in der Zwischenzeit eingeführten Bilddigitalisierung und Bildminiaturisierung kein einheitlicher Maßstab ein Ausmessen der anterioren und posterioren Wirbelkörperhöhe (a und b) im Röntgenbild mehr zuließ bzw. der Messfehler des Vorderkanten-/Hinterkantenverhältnisses nicht mehr zu vernachlässigen gewesen wäre. Dieser Kyphosierungswinkel wurde von Hand in die prä- und postoperativen Röntgenbilder eingezeichnet und ausgemessen (Abbildung 62 und 63).

Ausgewertet wurden die Ergebnisse mit Microsoft Excel.

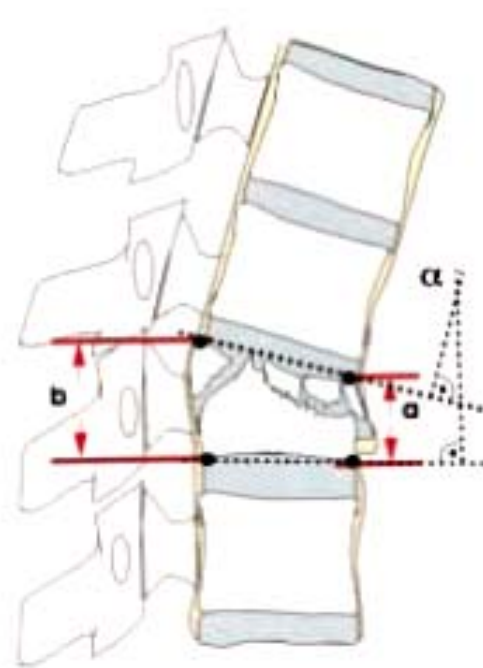


Abbildung 62: Bestimmung des Kyphosewinkels nach Knop et al. 2000.

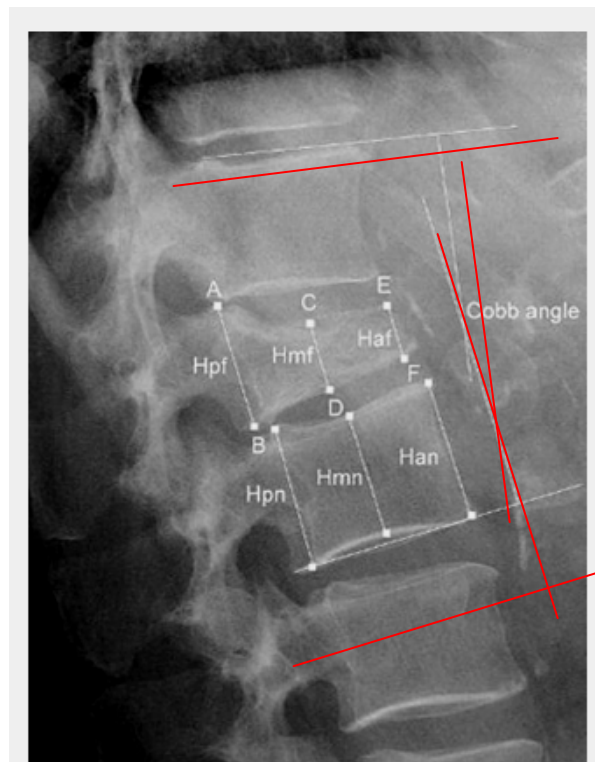


Abbildung 63: Bestimmung des Kyphosewinkels nach Voggenreiter 2005.

5 Ergebnisse

5.1 Auswertungen der Scores

Der präoperative VAS-Score zeigte einen Mittelwert von 85,16 in einem Intervall von minimal 35,91 und maximal 98,2, der postoperative Wert lag bei 34,04 in einem Intervall von minimal 10 und maximal 80.

Es kam also insgesamt zu einer 60%igen Verbesserung der präoperativen Schmerzsituation bzw. einem mittleren Benefit von 57,72% nach operativer Versorgung (Varianz 44,095 präoperativ, 27,901 postoperativ und für den Benefit 22,672) (Abbildung 64 und 65).

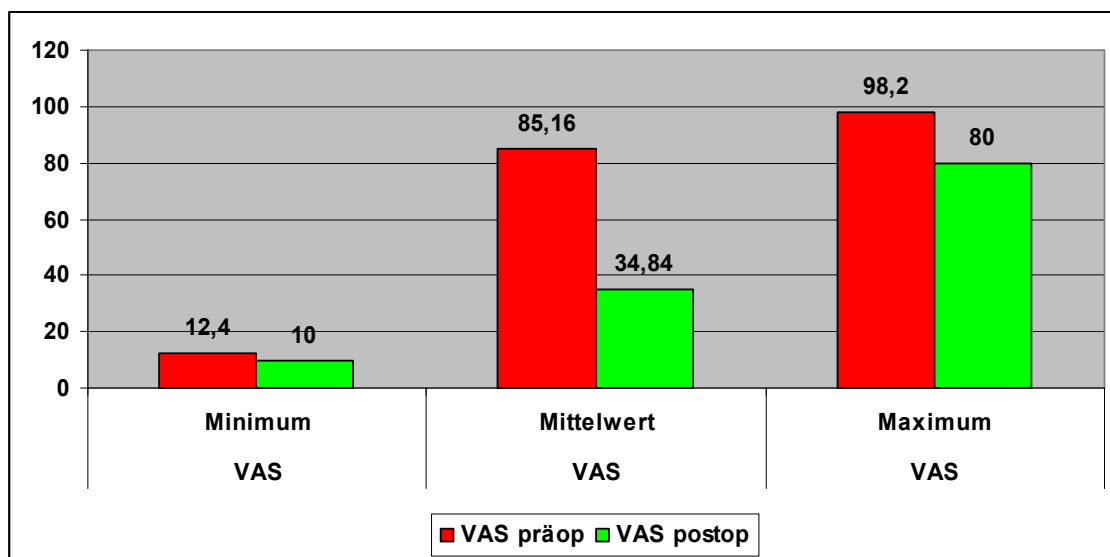


Abbildung 64

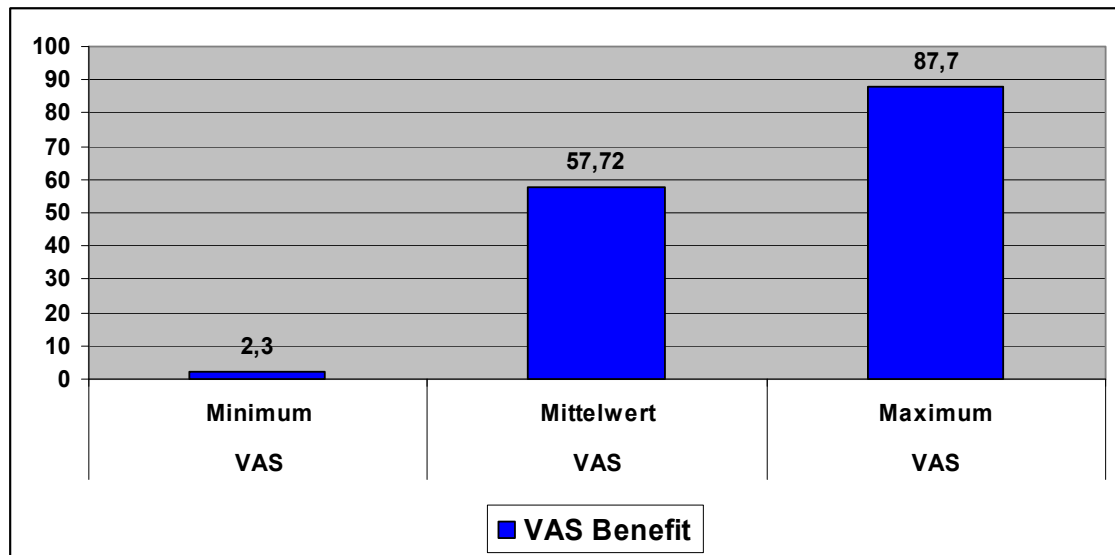


Abbildung 65

Für den ODI zeigte sich ein präoperativer Mittelwert von 80,4% in einem Intervall von 46% bis 98%, postoperativ war der Mittelwert 27,73% in einem Intervall von 0% bis 70%, was einer Verbesserung von 65,5% bzw. einem mittleren Benefit von 64,61% entspricht (Varianz 28,910 präoperativ, 7,250 postoperativ und für den Benefit 21,454) (Abbildung 66 und 67).

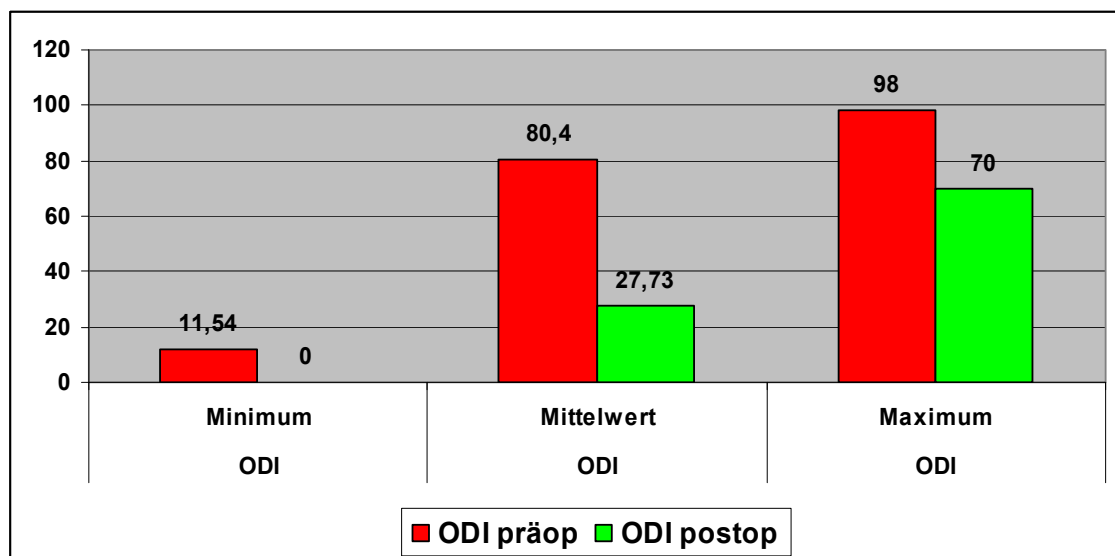


Abbildung 66

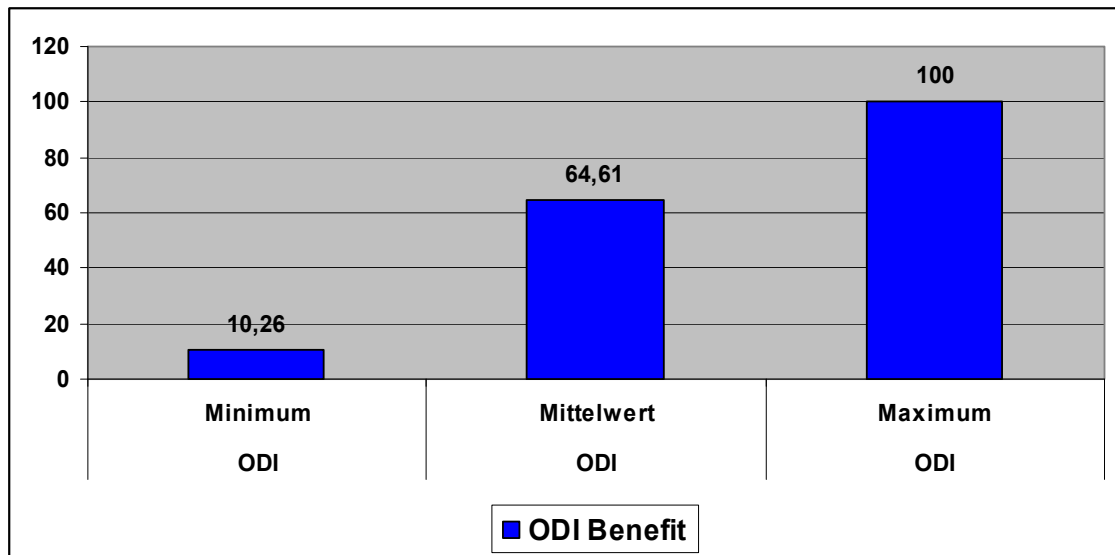


Abbildung 67

Für den RMQ errechnete sich ein präoperativer Mittelwert von 87,77% in einem Intervall von minimal 62,5% und maximal 100%, postoperativ war der Mittelwert 63,12% bei einem Minimum von 50% und einem Maximum von 95,8%, was einer Verbesserung von 28,08% bzw. einem mittleren Benefit von 27,64% entspricht (Abbildung 68 und 69). Varianz 25,024 präoperativ, 20,677 postoperativ und 28,110 für den Benefit.

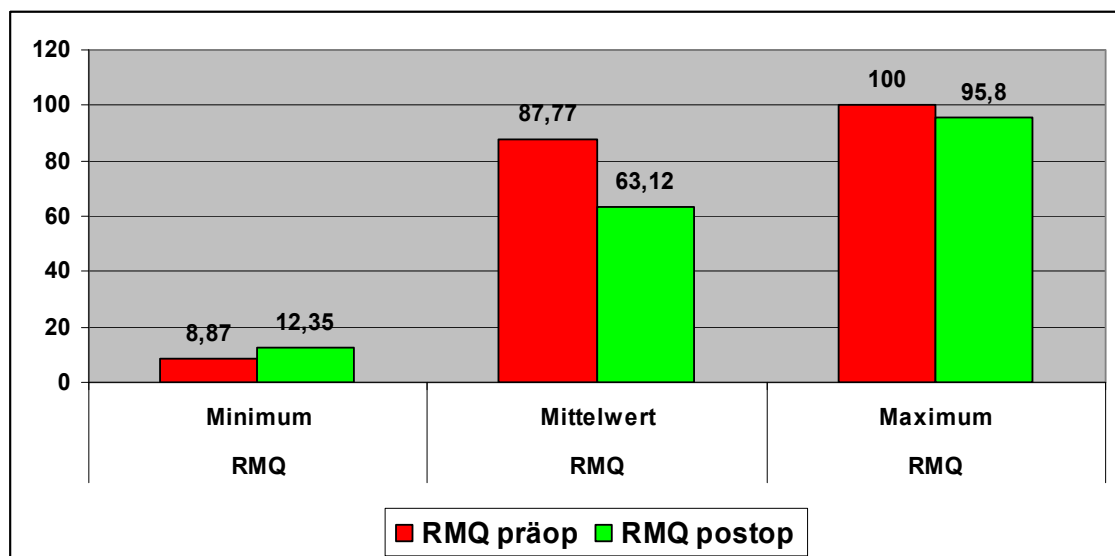


Abbildung 68

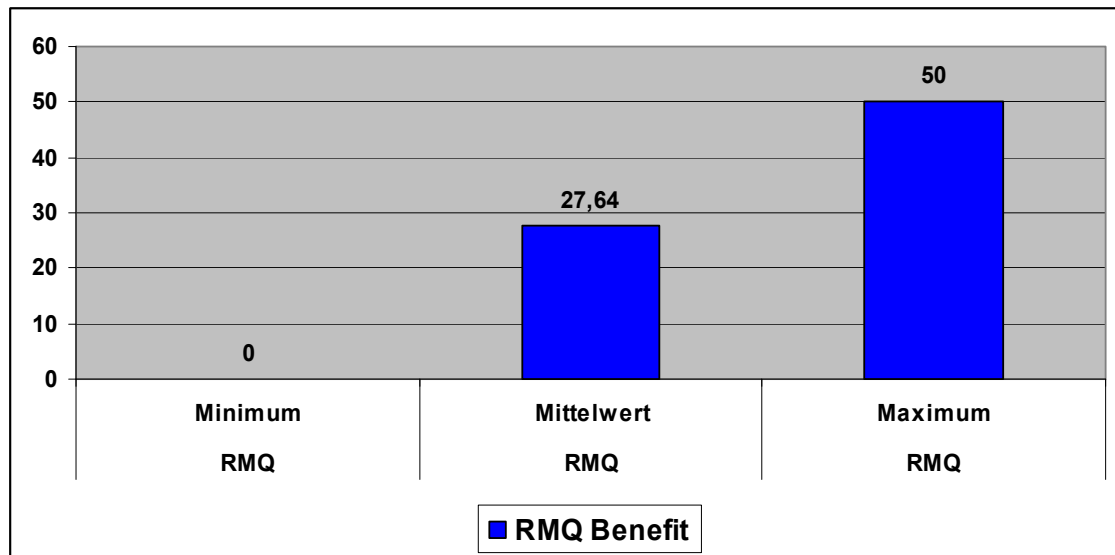


Abbildung 69

Beim Vergleich der präoperativen und postoperativen Mittelwerte in den einzelnen Scores fällt ein ähnlich hoher präoperativer Wert in allen 3 Scores auf (VAS 85,16%, ODI 80,4%, RMQ 87,77%), die postoperativen Werte sind aber nur für VAS und ODI mit 34,84% und 27,73% vergleichbar. Der Wert für den RMQ liegt mit 63,12% doppelt so hoch, d.h. die Schmerzsymptomatik ist hier postoperativ um 100% höher. So ist auch der mittlere Benefit mit seinen 27,64% nur halb so hoch wie bei VAS und ODI mit 57,72% bzw. 64,61% (Abbildung 70 und 71).

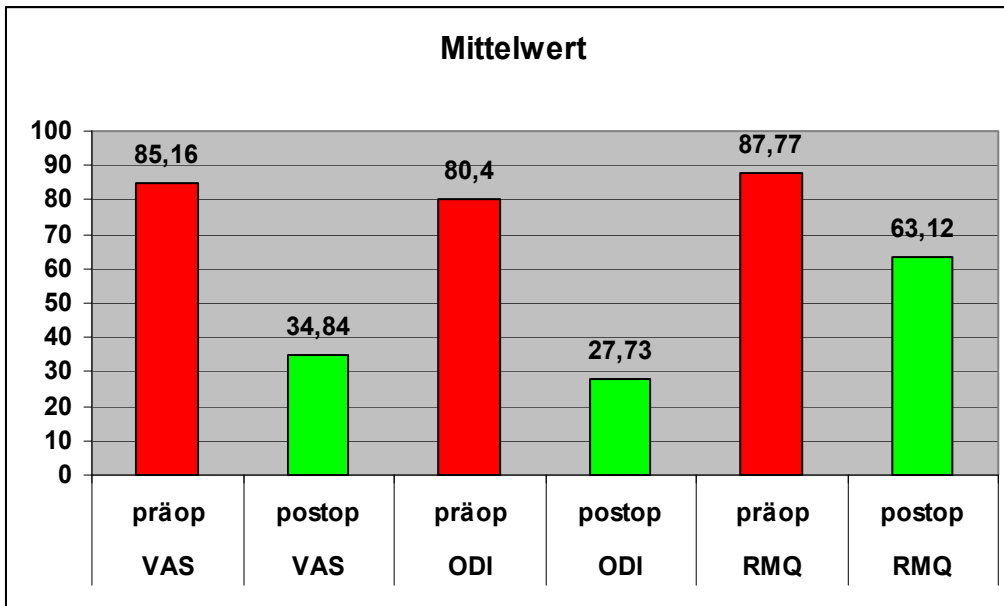


Abbildung 70

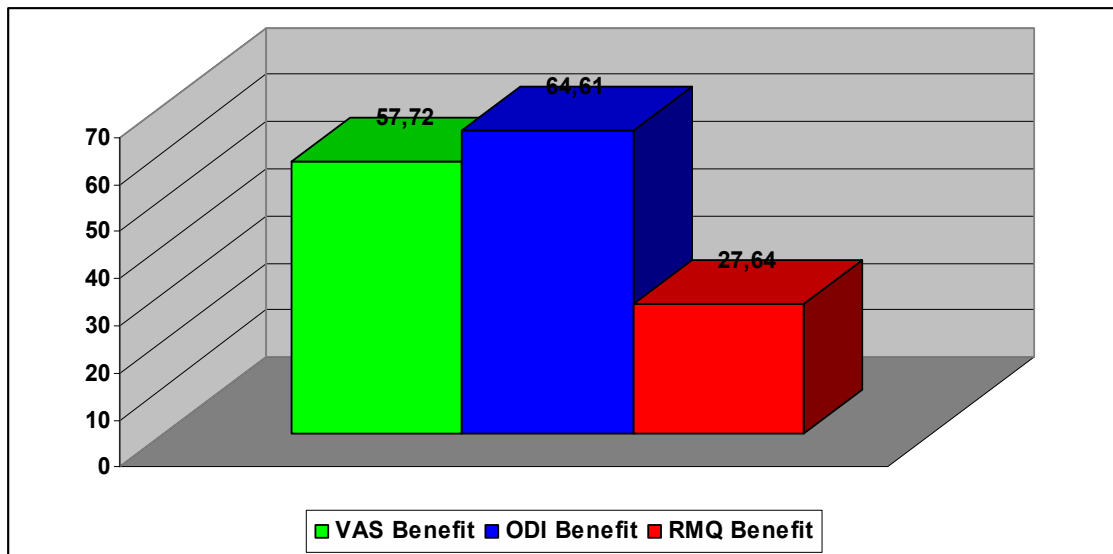


Abbildung 71

Einen Zusammenhang zwischen erreichtem mittlerem Benefit und Zeitpunkt der Nachuntersuchung, also des postoperativen Intervalls, konnte nicht gesehen werden. (Abbildung 72,73 und 74).

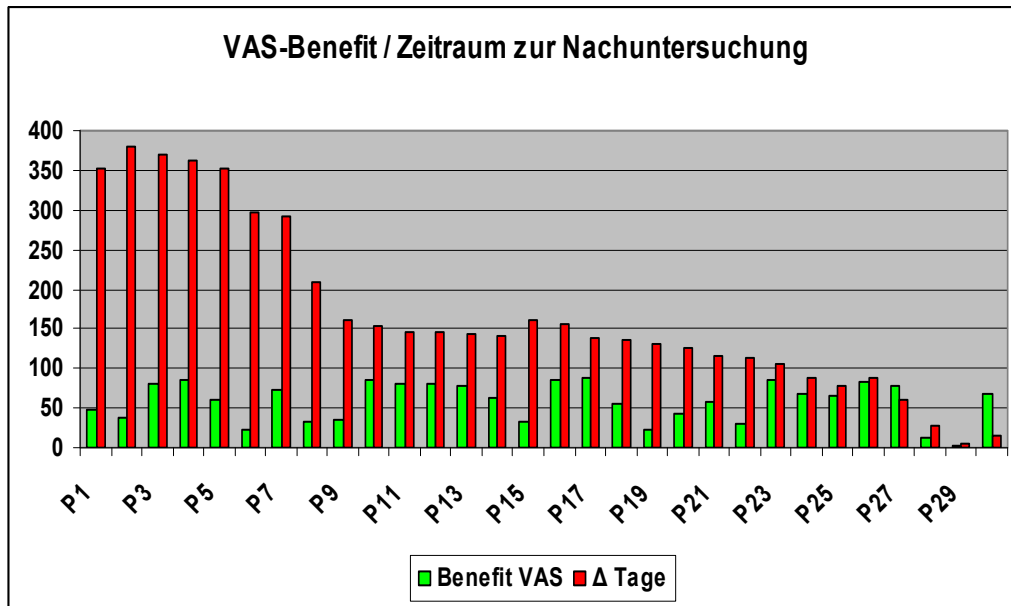


Abbildung 72

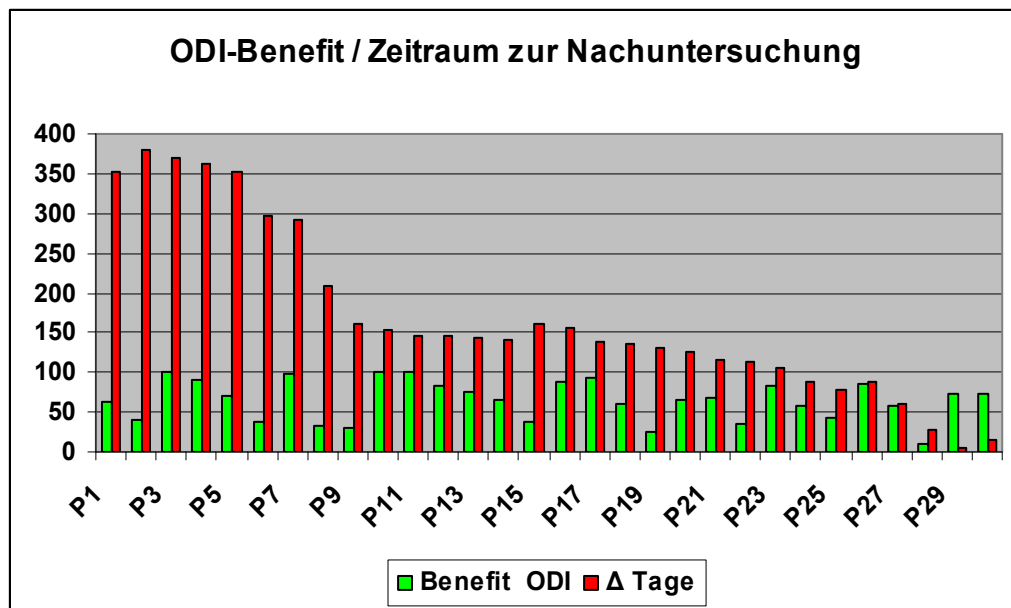


Abbildung 73

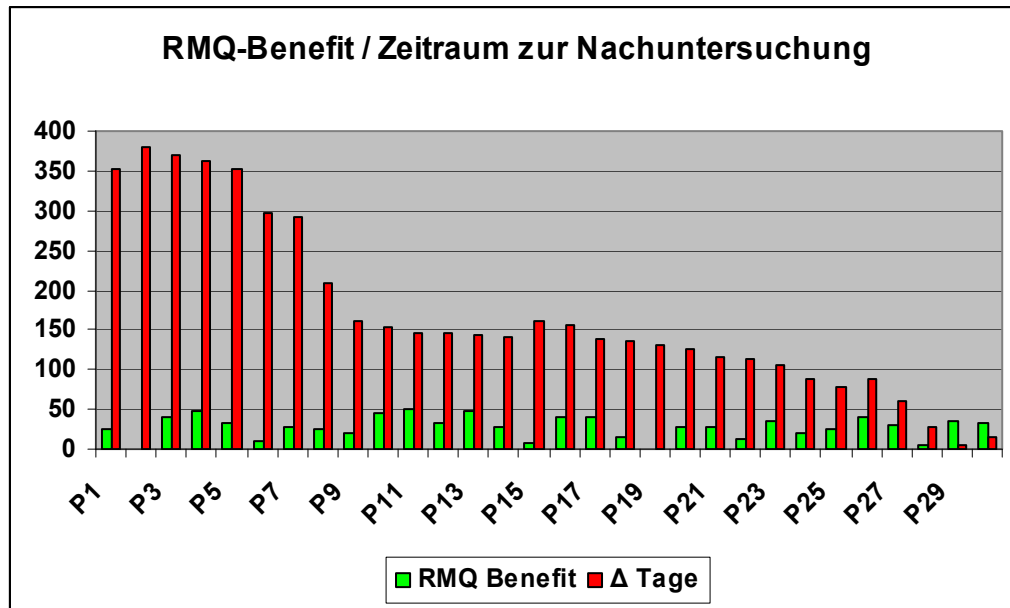


Abbildung 74

Die Werte pro Patient und Score dargestellt (Abbildung 75,76 und 77).

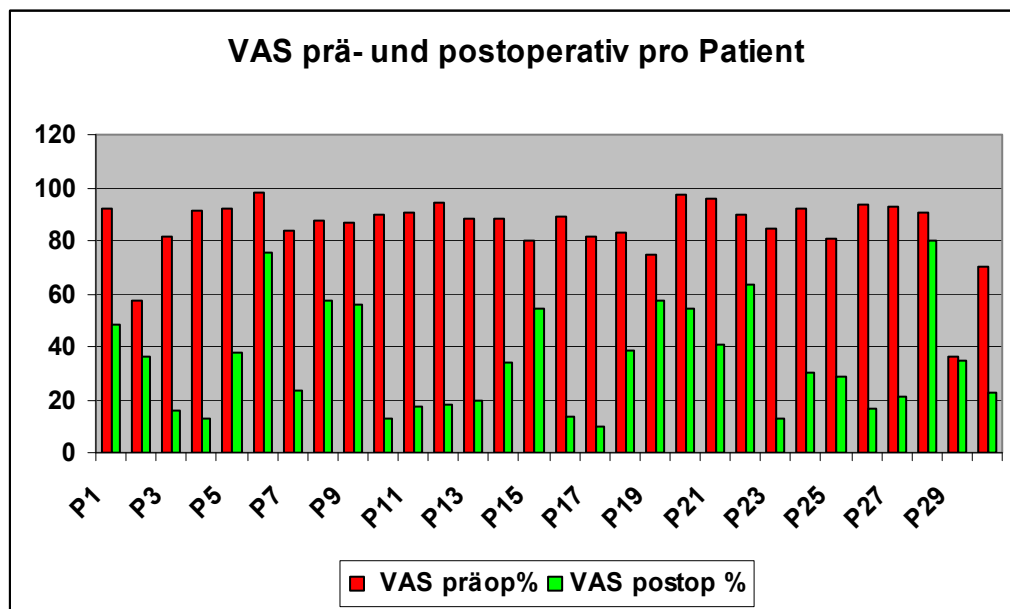


Abbildung 75

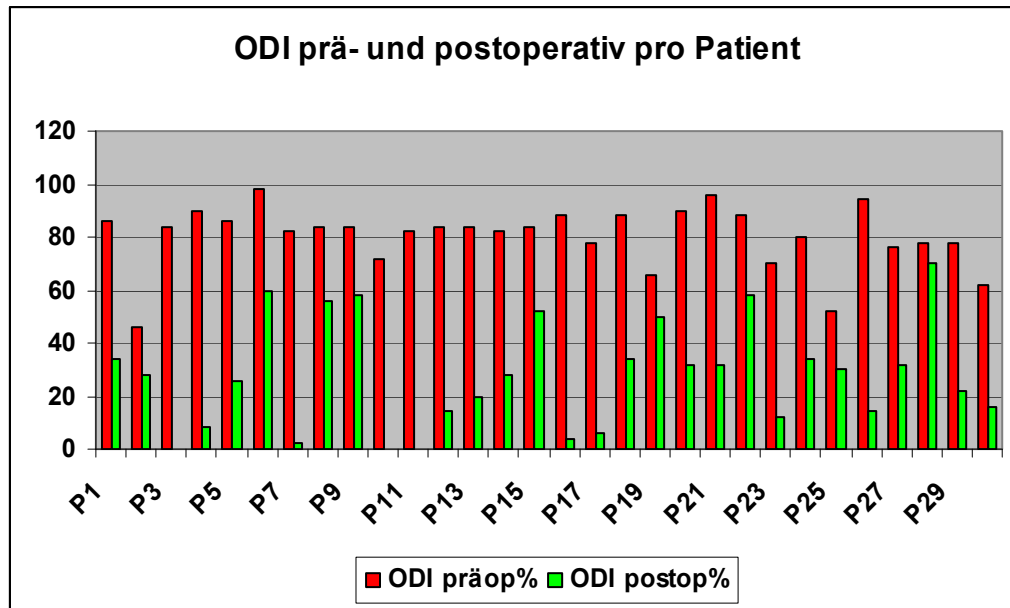


Abbildung 76

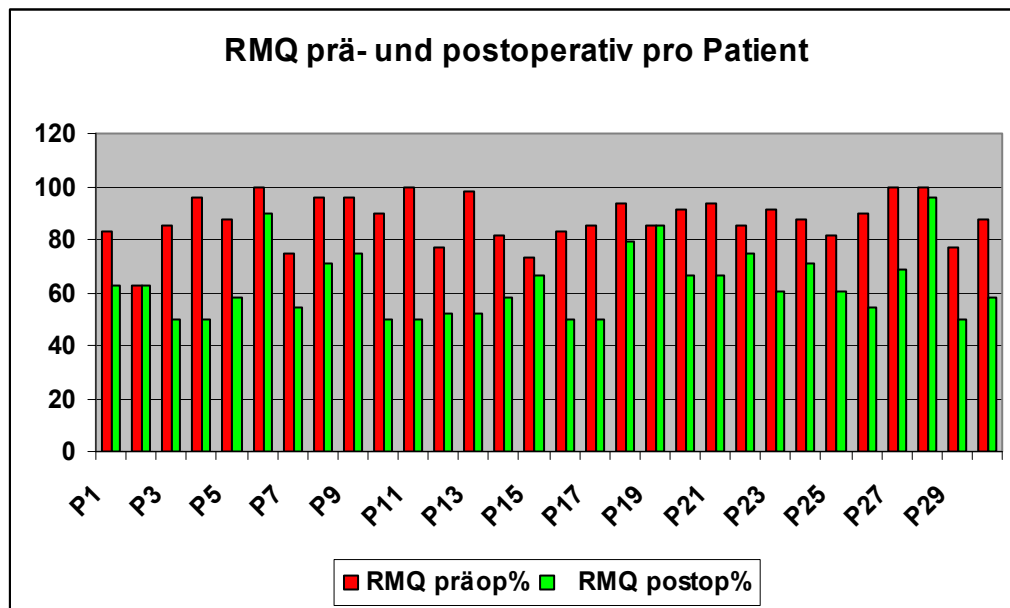


Abbildung 77

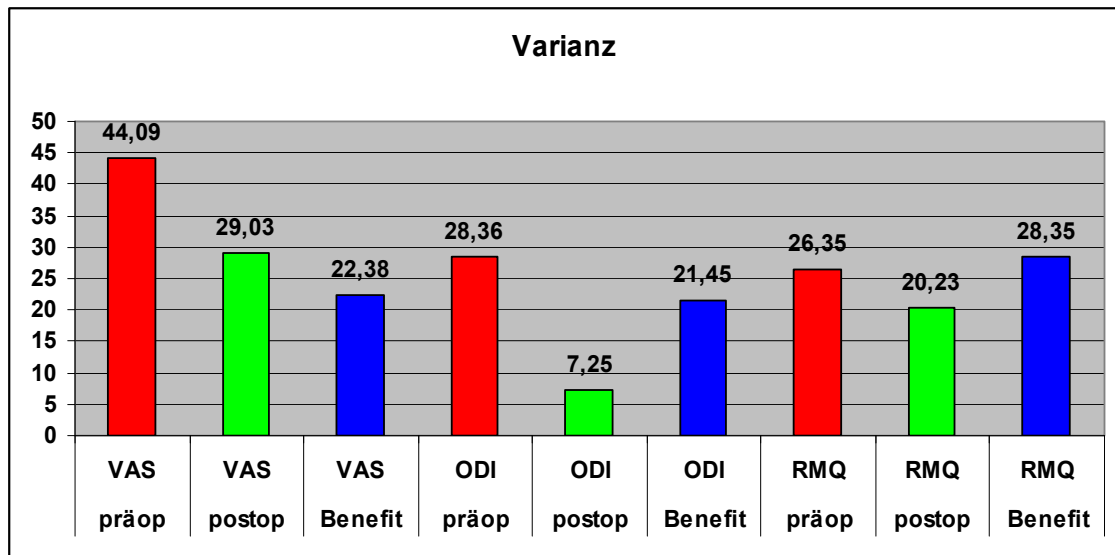


Abbildung 78

5.2 Zementextrudat

Zu einem Zementaustritt kam es in 10 (14,92%) Fällen. Hierbei kam es zu einer intraspinalen und zugleich diskalen Leckage in 2 (20%) Fällen, in 2 (20%) Fällen zum rein intraspinalen Austritt. Jeweils in 3 (30%) Fällen zu einem diskalen bzw. einem paravertebralen Zementaustritt (Abbildung 79 und 80). Verifiziert wurde das Extrudat primär durch eine Standardröntgenaufnahme, wobei schon der Verdacht auf eine Leckage eine CT nach sich zog. Klinisch zeigte sich in keinem der Fälle eine neurologische Komplikation. Infektionen traten ebenso nicht auf.

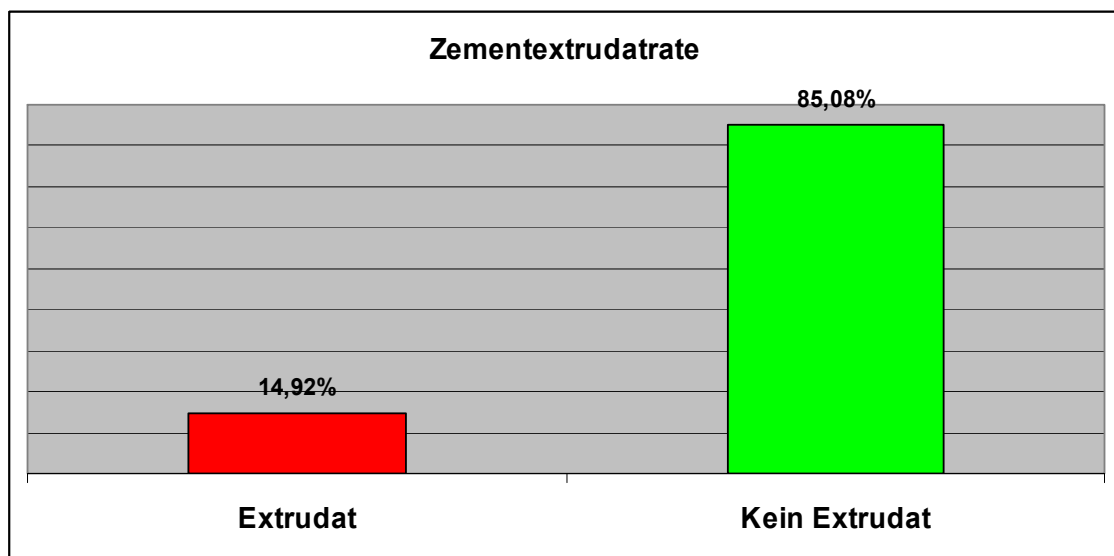


Abbildung 79

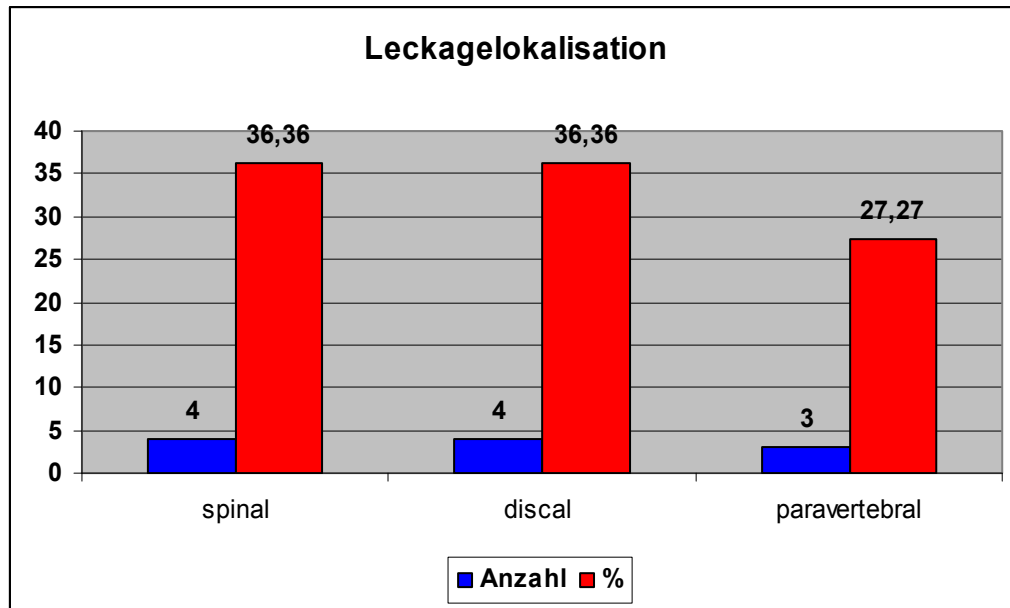


Abbildung 80

Von den 10 Extrudaten entstanden 2 Leckagen bei älteren Frakturen einmal spinal, das andere Mal paravertebral, die verbleibenden 8 wurden bei frischen Frakturen gesehen (Abbildung 81).

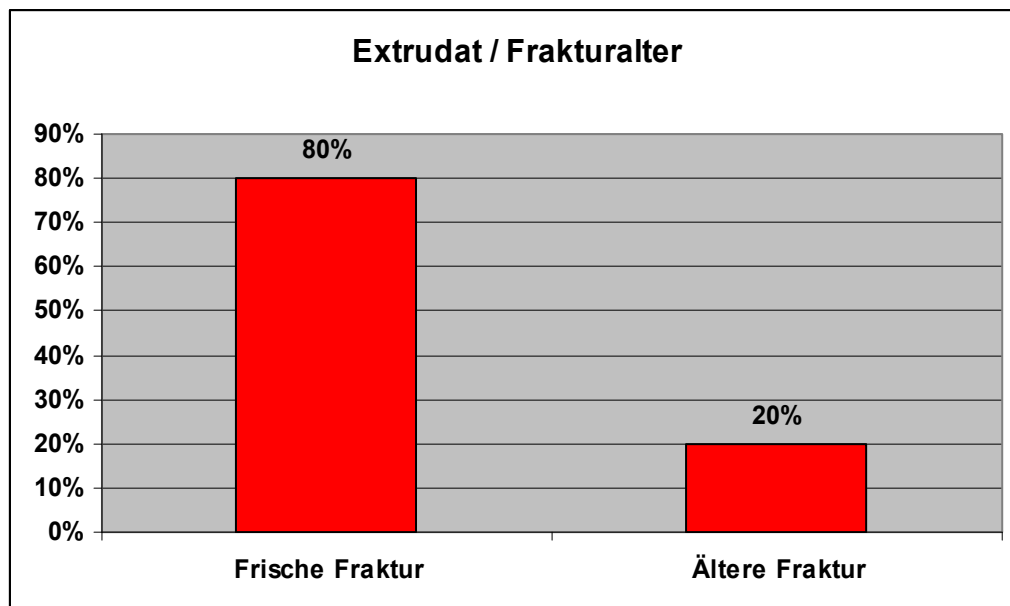


Abbildung 81

5.3 Anschlussfrakturen

In 2 (0,03%) Fällen von nachuntersuchten 63, kam es zu einer Anschlussfraktur. In einem Fall zwischen einem augmentierten LWK I / BWK XI, also den „Sandwichwirbel“ BWK XII. Im anderen Fall bei augmentiertem BWK XI / LWK I frakturfern bei BWK VII mit VIII, allerdings in beiden Fällen ohne klinische Symptomatik im frakturierten Bereich (Abbildung 82).

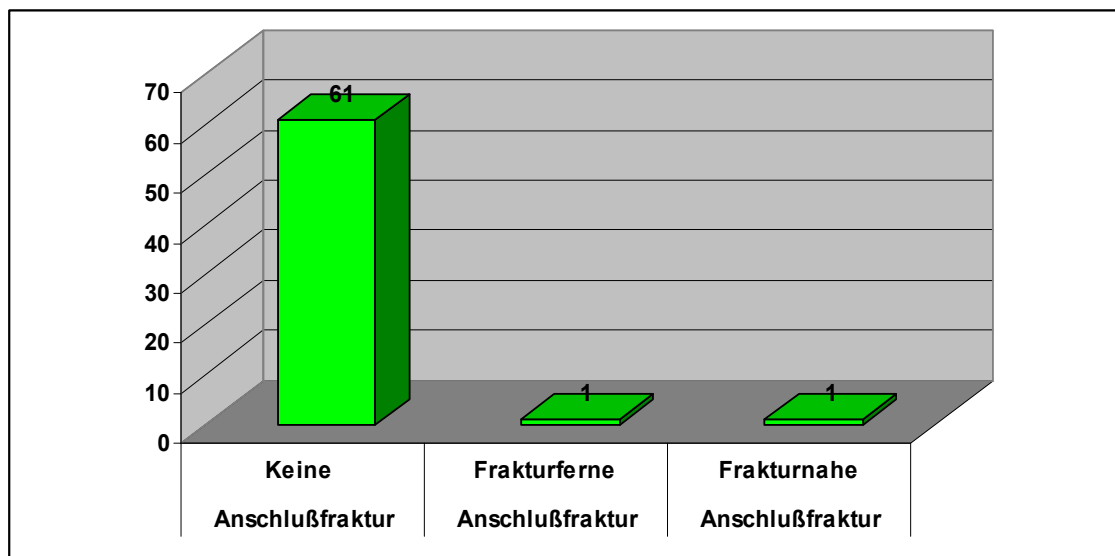


Abbildung 82

5.4 Kyphosewinkel

Der mittlere präoperative Kyphosewinkel von $9,03^\circ$ konnte postoperativ auf $5,35^\circ$ verbessert werden, er betrug zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung aber dann $8,13^\circ$ im Intervall von 5° bis 22° (Abbildung 83).

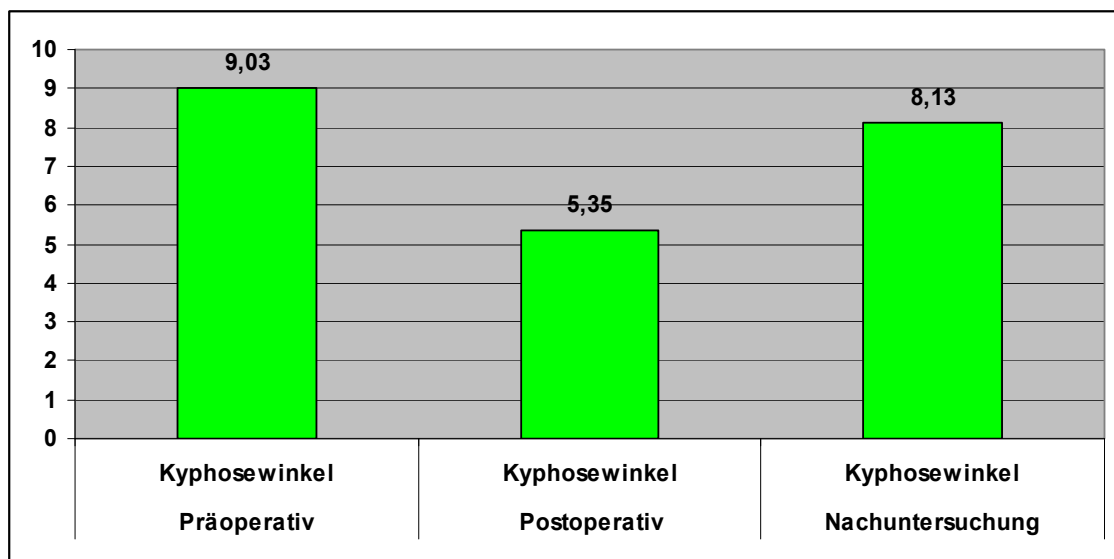


Abbildung 83

Das heißt, dass es nach einer primären Verbesserung des Kyphosewinkels um 40,75% sekundär zu einer Verschlechterung um 51,96% bei 41,26% der augmentierten Wirbelkörper gekommen ist.

5.5 Kyphosewinkel prä- und postoperativ in Abhängigkeit zum Frakturalter

Der mittlere Kyphosewinkel war bei den frischen Frakturen präoperativ 13,69° (*) und konnte postoperativ auf 5,56° im Mittel gesenkt werden. Bei den älteren Frakturen war die Rekyphosierung mit präoperativen mittleren 13,12° und postoperativen 7,25° nicht ganz so ausgeprägt (Abbildung 84).

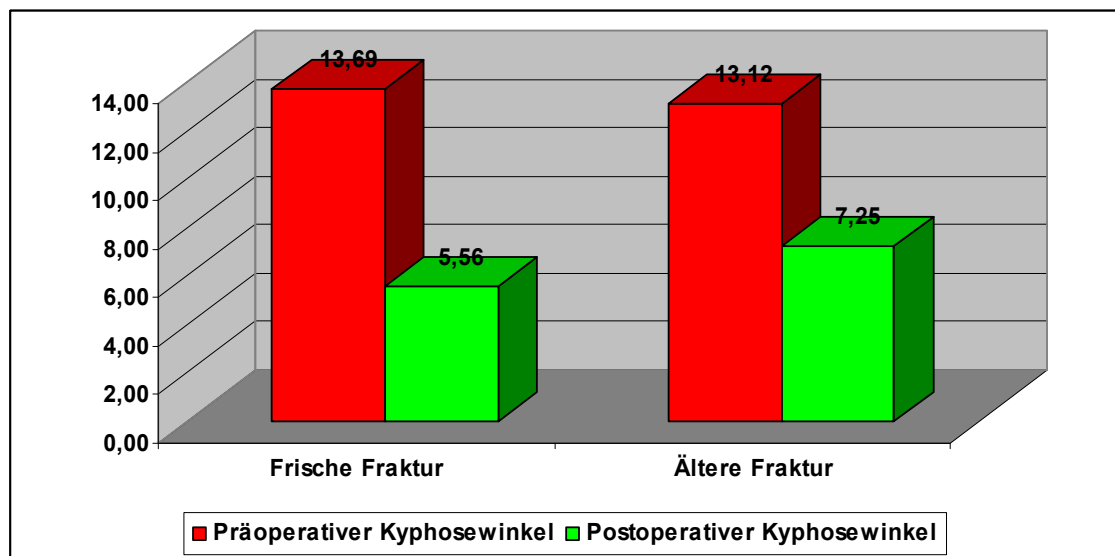


Abbildung 84

- *Die Werte nach dem Komma ergeben sich aus dem arithmetischen Mittel der Einzelergebnisse.

5.6 Intraoperative Dekyphosierung und postoperative Rekyphosierung

Von den 26 nachkyphosierten Wirbelkörpern konnten intraoperativ 13 der Winkel verbessert werden, an 13 konnte intraoperativ keine Verbesserung des Kyphosewinkels erzielt werden (Abbildung 85).

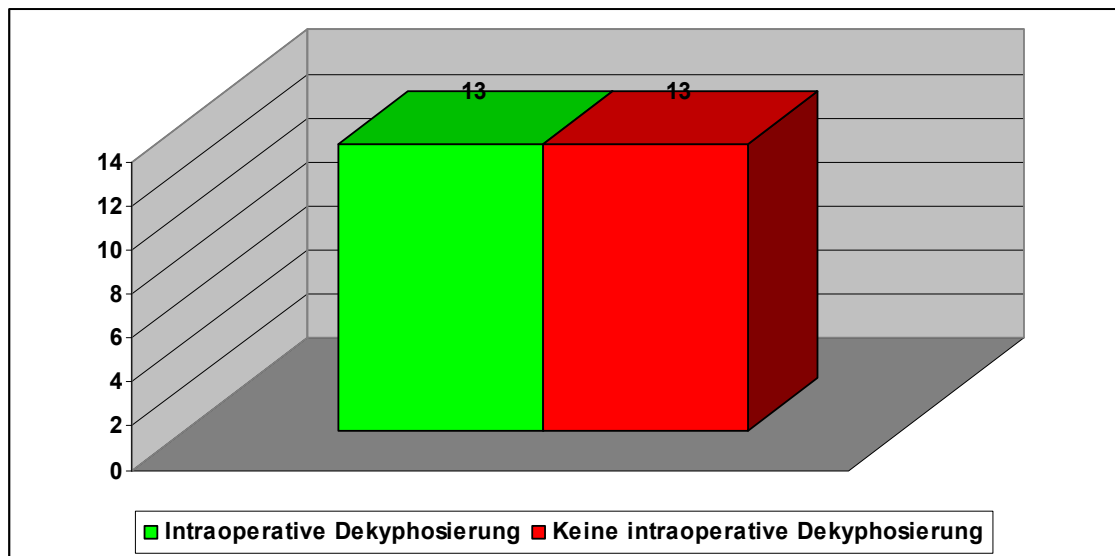


Abbildung 85

5.7 Frakturalter, intraoperative Dekyphosierung und postoperative Rekyphosierung

Von den 63 Wirbelkörpern waren 22 durch MRT als nicht mehr ganz frisch (ohne wertbares Knochenmarködem in der Kernspintomographie, siehe Seite 19) einzustufen, in 8 (36,36%) Fällen konnte die Kyphose verbessert werden, nachgesintert ist nur 1 (0,4%) Wirbelkörper. Von den 41 frisch frakturierten Wirbelkörpern konnten 23 (56,10%) aufgerichtet werden, allerdings sind hier 19 (82,61) postoperativ wieder weiter gesintert (Abbildung 86).

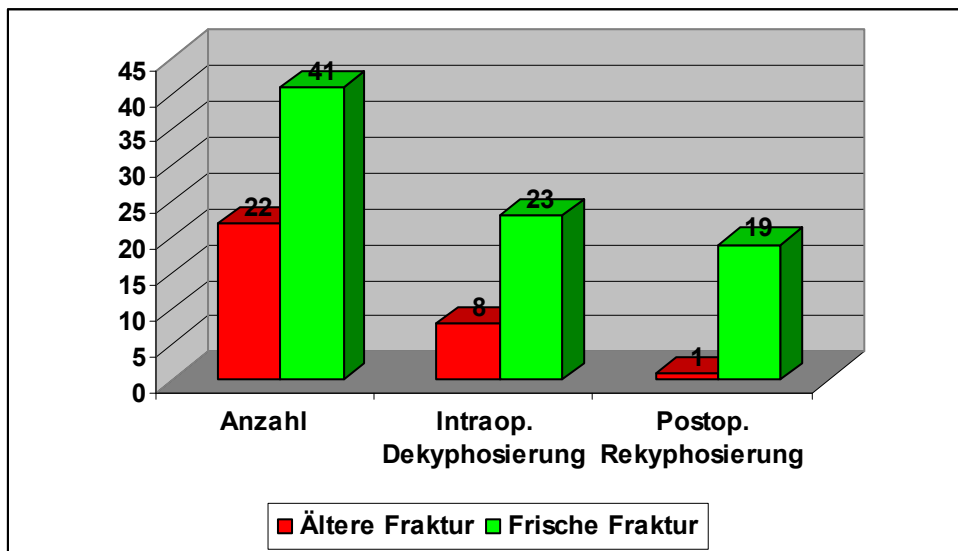


Abbildung 86

5.8 Frakturalter und postoperative Rekyphosierung

Von den 41 frischen Frakturen sind bis zum Untersuchungszeitpunkt 21 nachgesintert, 20 zeigten keine weitere Rekyphosierungstendenz, von den als älter eingestuften Frakturen sind 5 eingesintert, 17 sind stabil geblieben (Abbildung 87).

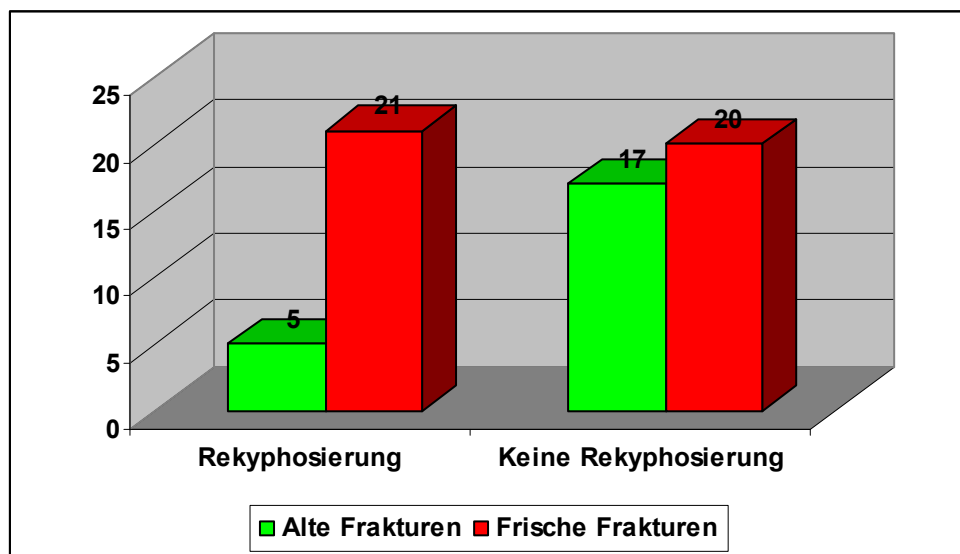


Abbildung 87

5.8.1 Benefit, Leckage und Rekyphosierung

Von den 9 Patienten mit 10 Extrudaten konnten 8 Patienten bzw. 9 Leckagen nachuntersucht werden, bei einem Patienten fanden sich 2 Leckagen.

Von diesen 8 Patienten hatten 5 einen Benefit von >50% in VAS und ODI (mittlerer Benefit von 72,10% bzw. 88,06% in der VAS bzw. dem ODI) und >30% im RMQ (Mittelwert 37,17%).

Bei den restlichen 3 Patienten (Benefit <50%) betrug der mittlere Benefit 31,4% in der VAS und 37% im ODI bzw. Benefit <30% beim RMQ (Mittelwert 12,17). Bei 2 dieser Patienten kam es zu einer Rekyphosierung in Bezug auf das postoperative Ergebnis (11,11% und 71,43%). Der 3. Patient hatte keine weitere Sinterung.

In der Gruppe mit hohem Benefit hatten 2 Patienten eine postoperative Sinterung zu verzeichnen, wobei 1 Patient eine Rekyphosierung um 33% zeigt und den geringsten Benefit in seiner Gruppe hatte. Der 2. Patient hatte eine Zunahme seines Kyphosewinkels von postoperativ 3° auf 22° zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung, es waren die überhaupt höchst gemessenen Werte, trotzdem zeigte er einen Benefit im VAS von 80,46%, im ODI 100% und bei RMQ 41,47% (Abbildung 88).

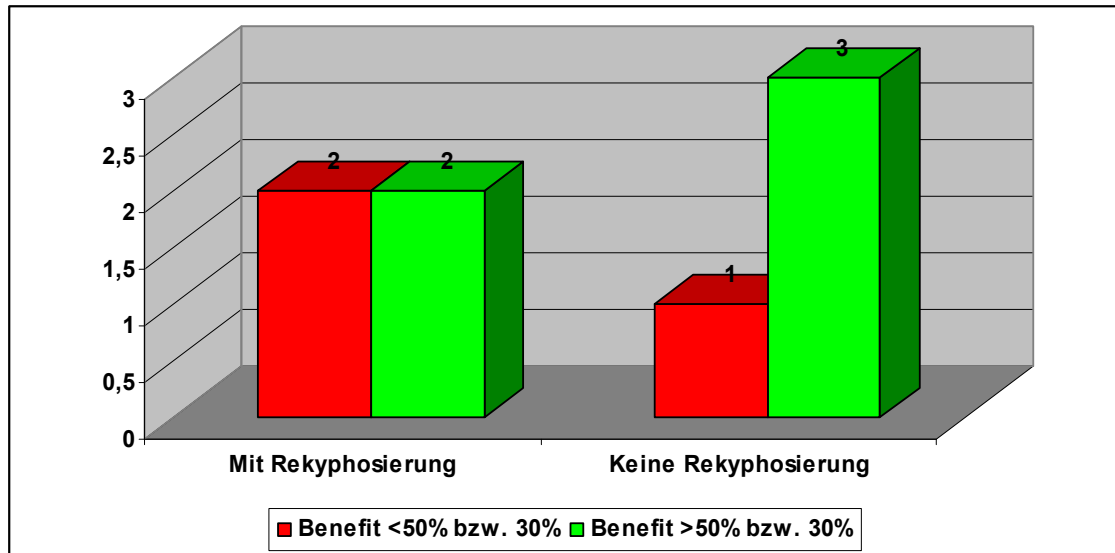


Abbildung 88

5.8.2 Benefit und Kyphosierung des Gesamtkollektivs

Von den 30 Patienten mit 63 augmentierten Wirbelkörpern zeigten 16 Patienten mit mindestens einem Wirbelkörper eine Rekyphosierung zur Nachuntersuchung, 14 Patienten waren ohne Rekyphosierung. Diese Patienten hatten einen mittleren Benefit in der VAS von 64,53% (Range 2,3%-87,71%), wobei der 2,3-Wert sicher auf ein Nichtverstehen zurückzuführen ist, da der ODI bzw. der RMQ völlig konträr liegt.

Der mittlere Wert war in dieser Gruppe 72,12% (Range 39,13%-100%) und der RMQ lag bei 32,52% (Range 0%-47,82%). Diese Werte waren deutlich über den Mittelwerten des Gesamtkollektivs (VAS 57,72%, ODI 64,61%, RMQ 27,62%), obwohl in dieser Gruppe 3 Leckagen vorlagen.

Bei den 16 Patienten mit Rekyphosierung zeigte sich ein Mittelwert für den VAS von 51,87% (Range 11,99%-84%), für den ODI waren es 58,04% (Range 10,26%-100%) und für den RMQ 23,36% (Range 0%-46,81%) (Abbildung 89).

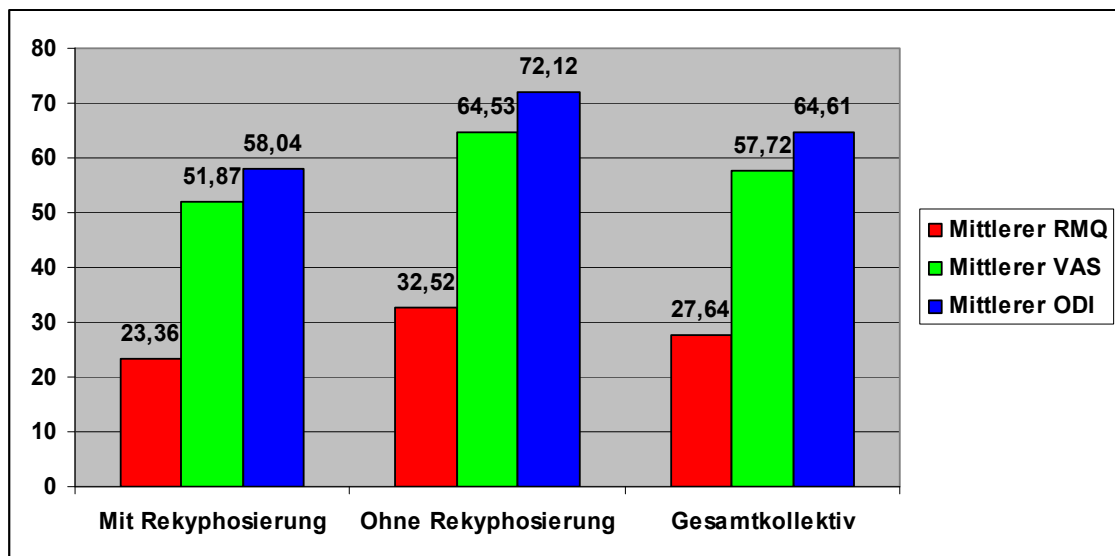


Abbildung 89

5.9 Dauer des stationären Aufenthaltes und Anzahl der Nebendiagnosen pro Score

Beim Vergleich der Länge des stationären Aufenthaltes und der Anzahl der Nebendiagnosen mit dem postoperativen Benefit zeigt sich, dass der Benefit in dem Maße fällt, je länger der Aufenthalt und je größer die Anzahl der Nebendiagnosen ist, bzw. steigt, je kürzer der stationäre Aufenthalt und je kleiner die Anzahl der Nebendiagnosen ist (Abbildung 90, 91 und 92); dies gilt für alle 3 verwendeten Scores.

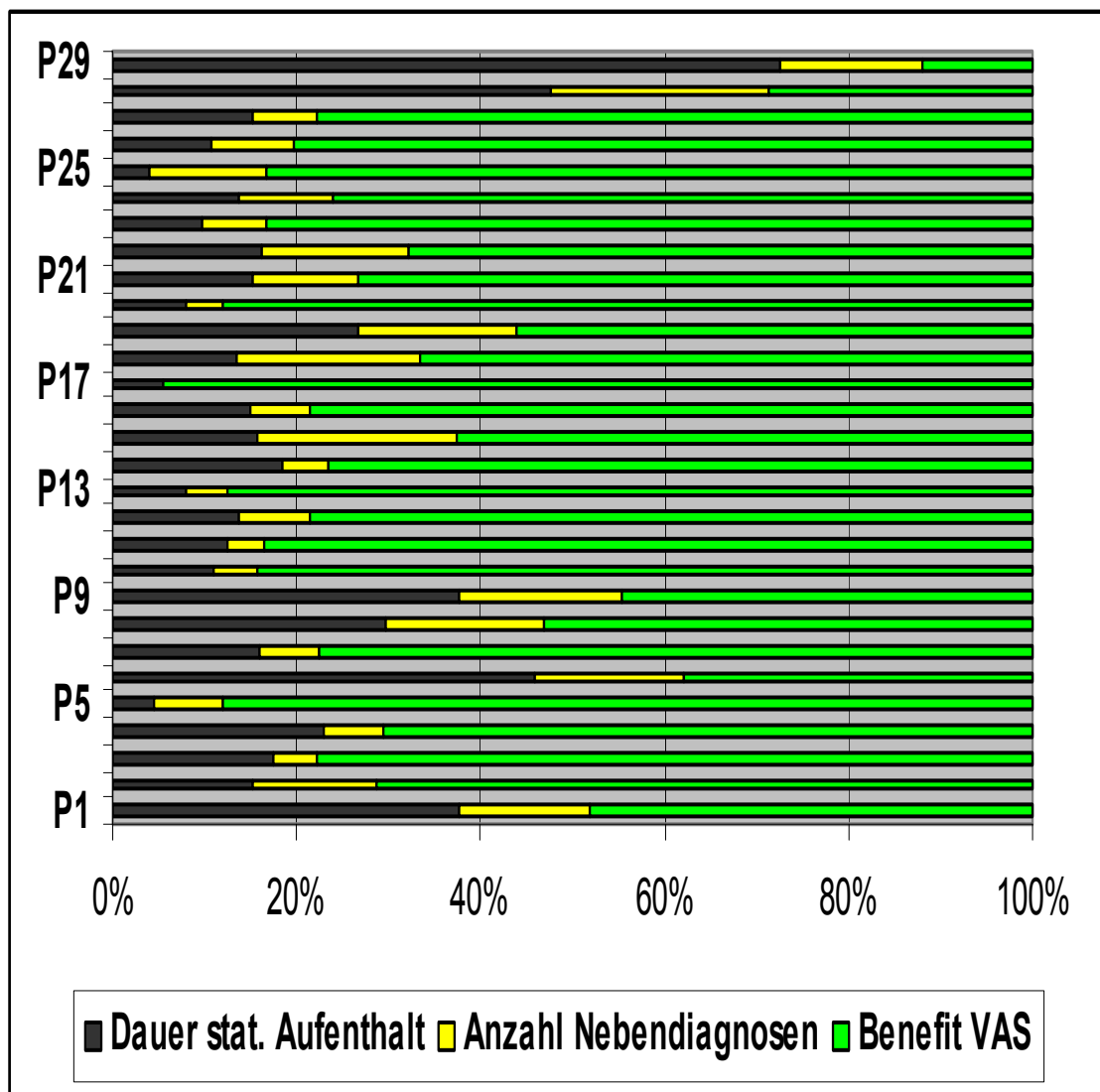


Abbildung 90

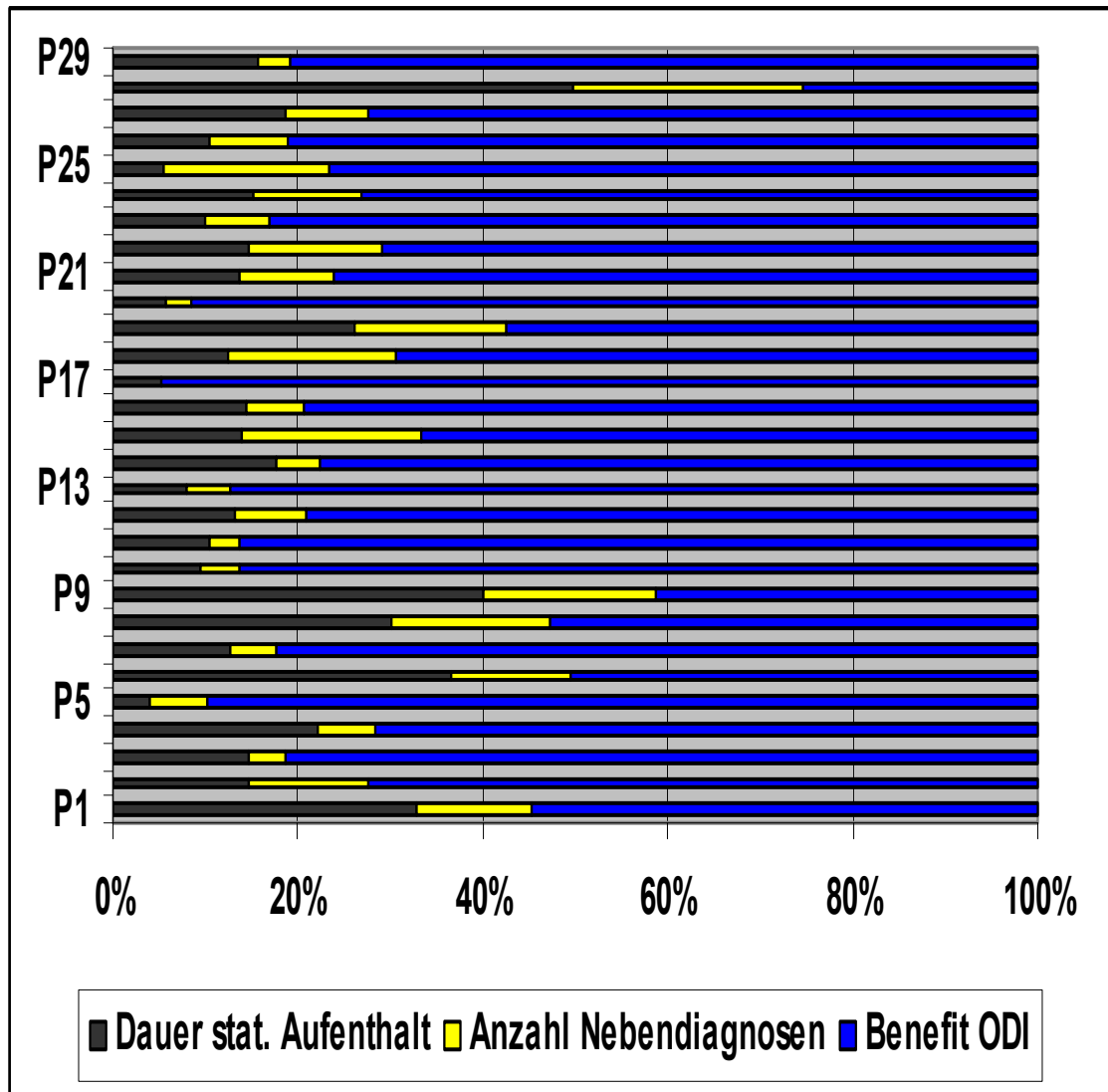


Abbildung 91

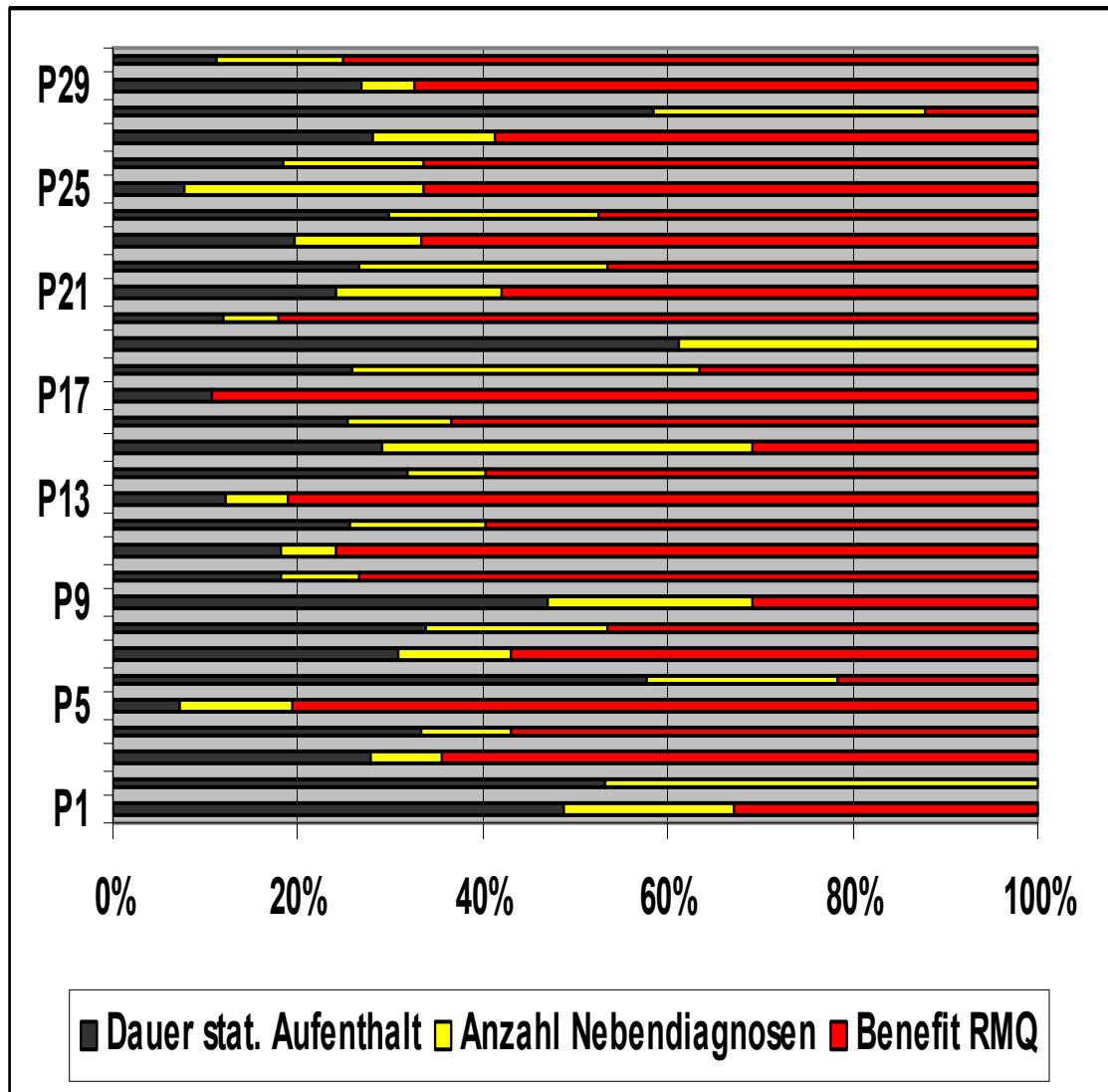


Abbildung 92

5.10 Outcome in Bezug auf Vorhandensein von älteren und frischen Frakturen

Hierbei zeigt sich, dass bei den Patienten, die nur frische oder nur ältere Frakturen aufweisen und bei den Patienten, die sowohl frische als auch ältere Frakturkomponenten zeigen, im Benefit kein wesentlicher Unterschied zum mittleren Benefit der Gesamtpopulation besteht (Abbildung 94,95).

15 Patienten zeigten eine frische Frakturkomponente, der mittlere VAS war 57,55, mittlerer ODI 62,69 und mittlerer RMQ 26,32 bei einer Varianz von 28,9, 25,38 und 14,32.

Bei 13 Patienten bestanden sowohl frische als auch ältere Frakturen, der mittlere Benefit war hierbei 27,67 für den RMQ, 57,62 für den VAS und 61,8 für den ODI bei einer Varianz von 11,58, 18,88 und 23,41 für den jeweiligen Score.

Ausschließlich ältere Frakturen bestanden bei 2 Patienten die Werte für RMQ, VAS und ODI waren 19,76, 59,68 und 62,12 bei einer Varianz von 19,76, 22,37 und 22,99 (Abbildung 93 und 94).

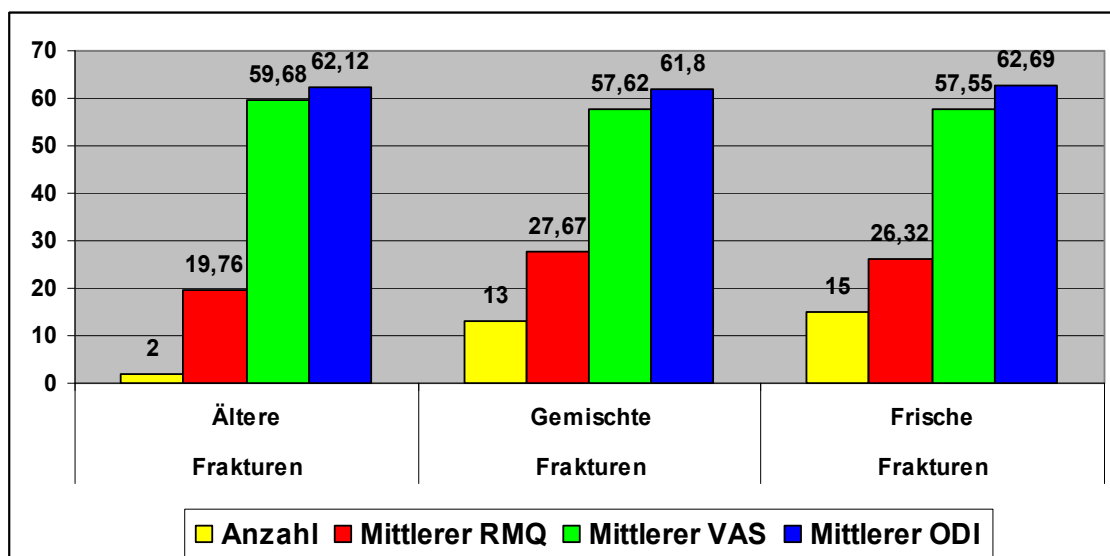


Abbildung 93

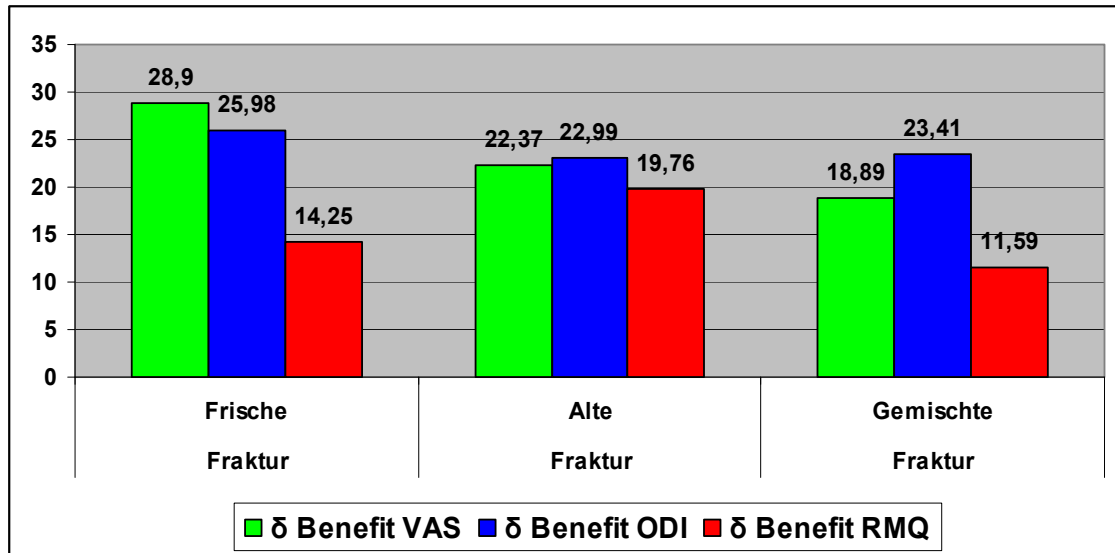


Abbildung 94

6 Diskussion

Bei den 67 versorgten und 63 nachuntersuchten Wirbelkörpern handelte es sich in allen Fällen um osteoporotische Sinterungsfrakturen oder aber um akute Wirbelkörperfrakturen bei bestehender Osteoporose nach einem Bagatelltrauma im Sinne eines „low energy traumas“. Nach einem konservativen Therapieversuch von bis zu 2 Wochen bestand die Indikation zur Augmentierung, bei progredienter Schmerzsymptomatik und steigendem Schmerzmittelbedarf schon früher. Hierbei resultierte eine stationäre Liegezeit von 13,96 Tagen inklusive des konservativen Therapieversuches.

Der geforderte angemessene Zeitraum, in der Regel 3-6 Wochen [Helmberger et al. 2003], eines konservativen Therapieversuches ist mit einer ambulanter Behandlung bei einem Patientengut von durchschnittlich 78 Jahren und einer entsprechend hohen Anzahl von Nebendiagnosen u. E. nicht möglich. Eine selbstständige häusliche Versorgung ist in dieser Situation in den meisten Fällen nicht möglich, zumal die Patienten eine hohe Schmerzsymptomatik aufweisen.

Wird von einer stationären Liegezeit von 10 Tagen [Weißkopf et al. 2003] oder 2,6 Tagen [Heini et al. 2000] gesprochen, so kann sich dies nur auf die rein postoperative Zeit ohne konservativen Therapieversuch beziehen.

Eine konservative Therapie führt zu einer geringeren Schmerzreduktion [Komp et al. 2004, Kasperk et al. 2005] und zu einer Veränderung des Wirbelsäulenalignments [Rohlmann et al. 2001].

Diese progrediente Wirbelkörperdeformation kombiniert mit einem hohen BMD erhöht das Risiko für weitere Wirbelkörperfrakturen und führt letzten Endes zu einer erhöhten Mortalität [Pongchaiyakul et al. 2005].

Ca. 34% dieser Frakturen entstehen im ersten Jahr nach der stattgehabten 1. Fraktur [Johnell et al. 2004]. Diese Frakturen können sich primär als so genannte okkulte Frakturen ohne radiomorphologisches Äquivalent darstellen, führen aber in den meisten Fällen zum Wirbelkörperkollaps [Pham et al. 2005].

Somit besteht eine Indikation zur konservativen Behandlung nur bei ablehnender Haltung des Patienten gegenüber einem operativen Verfahren oder bei den nach wie vor gültigen Kontraindikationen.

Eine Indikation war im eigenen Patientengut nicht korrekt gestellt, es handelte sich hierbei um eine Wirbelkörperfraktur vom Typ AO 2.3 (Abbildung 41 und 42). Dieser Frakturtyp ist als Kontraindikation anzusehen.

Wie aus den Bildern ersichtlich, führte die Zementaugmentation zu einem zusätzlichen Auseinanderdrängen der Frakturkomponenten. Dennoch zeigte die Patientin eine deutliche Schmerzreduktion in diesem Bereich, wobei die Hauptschmerzlokalisation bei L5-S1 aber natürlich bestehen blieb.

Major Komplikationen mit bis zu 2%, wie in der Literatur beschrieben [Bouza et al. 2006], traten bei uns nicht auf. Infektionen konnten ebenfalls nicht festgestellt werden.

Zu einer Zementleckage kam es bei uns in 14,92%. Die Literaturdaten liegen hier bei 6,23-14,7% [Bouza et al. 2006] und 4,3-39% [Armsen et al. 2005] für osteoporotische Frakturen. Zu dieser Leckage kam es in 80% bei frischen Frakturen und bei 20% bei älteren Frakturen.

Einen Zusammenhang zwischen diskaler bzw. intervertebraler Leckage und nachfolgender Anschlussfraktur konnten wir ebenso wie Syed [Syed et al. 2005] nicht sehen. Beide Patienten mit einer erneuten Wirbelkörperfraktur im Untersuchungszeitraum hatten kein Zementextrudat zu verzeichnen.

Völlig konträr zur Behauptung, dass ein Extrudat im Bandscheibenraum das Risiko für eine Anschlussfraktur erhöht [Lin et al. 2004], stellen sich unsere Ergebnisse dar.

Anschlussfrakturen werden in den einzelnen Studien mit einem Risiko von 3-29% [Fribourg et al. 2004], 4,5% [Ledlie et al. 2006] bzw. 17,5% nach einem Jahr beschrieben, insgesamt aber deutlich weniger als in der nicht augmentierten Kontrollgruppe (50%) [Grafe et al. 2005]. Teilweise wird hier noch unter-

schieden, ob benachbart (2,27%) oder von dem augmentierten Wirbelkörper weiter entfernt (1,44%) [Grados et al. 2000].

Der genaue Zeitpunkt der 2. Anschlussfraktur konnte von uns anamnestisch nicht eruiert werden.

Innerhalb der ersten 3 Monate treten mehr als 50% Anschlussfrakturen auf [Tanigawa et al. 2006].

In unserer Patientengruppe traten 2 Anschlussfrakturen (3,1%) bei 63 augmentierten Wirbelkörpern und einem maximalen Nachuntersuchungsintervall von 380 Tagen auf.

Bei einem mittleren präoperativen Kyphosewinkel von $9,03^\circ$ zeigte sich eine postoperative Verbesserung auf $5,35^\circ$, was einer Dekyphosierung von 40,75% entspricht. Atalay [Atalay et al. 2005] berichtet von einer Verbesserung von 43% oder $6,3^\circ$. Andere Autoren berichten von einer Verbesserung von 47% bzw. einer Verkleinerung des Kyphosewinkels von 12° auf 7° [Franz et al. 2004]. Eine Aufrichtung von bis zu $8,5^\circ$ bei 0-90% der frischen Frakturen [Heini et al. 2004], $5,8^\circ$ [Blatter et al. 2006] und $8,8^\circ$ (0-29°) [Phillips et al. 2003] mit einer 47%igen Kyphoseverbesserung ohne Änderung innerhalb eines Jahres wird beschrieben.

Ein sekundärer Höhenverlust, der mit einer gewissen Rekyphosierung einhergeht, wird mit 5-8% [Hauck et al. 2004] bzw. 18% [Dansie et al. 2005] beschrieben.

Aus welchem Grund es bei unserem Patientengut zu einer Rekyphosierung um 51,96% oder von postoperativen $5,35^\circ$ auf $8,13^\circ$ im Mittelwert zum Untersuchungszeitpunkt kam, ist nicht korrekt zu beantworten und bedarf noch weiterer Untersuchungen.

Eindeutig war jedoch, dass die meisten Sinterungen bei frischen Frakturen auftraten. Von den 23 intraoperativ aufgerichteten Wirbelkörpern sind 12 (52,17%) bis zum Nachuntersuchungszeitpunkt wieder rekyphosiert. Eine Sinterung von postoperativen 5° zeigte nach 28 Tagen eine Rekyphosierung von 22° . Eine Korrelation mit der Zeit und den Sinterungen bis zur Nachuntersuchung konnte nicht festgestellt werden.

Tendenziell zeigte sich aber ein leicht verbesserter Benefit in der Gruppe, in der es zu keiner Rekyphosierung gekommen ist (Abbildungen 88 und 89).

Ein geringfügig höherer Benefit zeigte sich auch in der Gruppe, in der nur frische Frakturen behandelt wurden gegenüber der Gruppe, in der ausschließlich ältere Frakturen augmentiert wurden, wie auch in der Literatur beschrieben [Crandall et al. 2004] (Abbildung 84).

Der postoperative Benefit im VAS-Score betrug 57,72% mit einer Varianz von 22,67, für den ODI bestand ein Benefit von 64,61% mit einer Varianz von 21,45 und für den RMQ ein Benefit 22,08% bei einer Varianz von 28,11.

Bei diesen Benefitwerten zeigte sich ein relativ großer Unterschied zwischen VAS/ODI und RMQ, was u. E. die Art der Fragestellung widerspiegelt.

Je differenzierter die Antwortmöglichkeit, desto differenzierter ist die Möglichkeit, den Schmerz zu beschreiben oder aber der RMQ legt andere Schwerpunkte in den einzelnen Fragekomplexen.

Für den VAS mit präoperativ 85,16% und postoperativ 34,84% im Mittel entsprachen unsere Werte den in der Literatur angegebenen mit 86% präoperativ und 27% postoperativ [Ledlie et al. 2003] bzw. 8,3 präoperativ und 3,84 postoperativ [Berlemann et al. 2004].

Für den ODI zeigte sich ein Mittelwert von präoperativen 80,4 % und postoperativ von 27,79%, was einer Verbesserung von 65,5% gleich kommt. In der Literatur wird von einer Halbierung [Grohs et al. 2003] sowie von einer Verbesserung um 57% berichtet [Gaitanis et al. 2005].

Der RMQ zeigte mit 87% präoperativ und 63,12% postoperativ einen deutlich verminderten Benefit und korreliert in unserer Untersuchung nicht mit der Literatur [Trout et al 2005].

Insgesamt war der Benefit unabhängig von der Anzahl der augmentierten Wirbelkörper pro Patient, wie auch Singh berichtet [Singh et al. 2006].

7 Zusammenfassung

Durch Osteoporose bedingte Wirbelkörpersinterungen und Wirbelkörperfrakturen bewirken zum einen eine chronische, zum anderen eine akute Schmerzsymptomatik sowie eine zunehmende Kyphose der Wirbelsäule.

Diese verstärkte Kyphosierung führt zu einer veränderten Statik an der Wirbelsäule mit zunehmender ventraler Verlagerung des Körperschwerpunktes.

Durch diese Verlagerung steigt das Risiko für eine erneute Fraktur und die daraus resultierenden physiologischen, neurologischen und funktionellen Konsequenzen, abgesehen von einer progredienten Schmerzsymptomatik. Konservative Behandlungsregimes können diese Aspekte nur sehr bedingt beherrschen.

Mit minimalinvasiven Methoden wie der Kyphoplastie kann bei diesem meist älteren Patientengut mit einer relativ hohen Komorbidität, die Wirbelkörpersinterung oder die Wirbelkörperfraktur stabilisiert und der Kyphosewinkel in vielen Fällen verkleinert werden. Somit wird einer erneuten Wirbelkörperfraktur durch Wiederherstellung des Alignments der Wirbelsäule vorgebeugt und insgesamt eine deutliche Schmerzreduktion erzielt.

Bei dem Verfahren der Kyphoplastie wird über einen trans- oder extrapedikulären Zugang eine Kaverne mit einem Ballon im Wirbelkörper erzeugt, die dann mit Knochenzement aufgefüllt wird. Durch die Balloninflation kann der Wirbelkörper aufgerichtet werden. Die Zementaugmentierung führt zu einer Stabilisierung der Fraktur und damit einhergehender Schmerzreduktion.

Bei der vorliegenden Untersuchung zeigte sich eine Reduzierung des VAS von 85,16 auf 34,84, beim ODI von 80,4 auf 27,73 und beim RMQ von 87,97 auf 63,12, was einem Benefit von 57,72%, 64,61% bzw. 27,64% entspricht. Bei einem Nachuntersuchungsintervall von bis zu 380 Tagen konnte kein wesentlicher Unterschied bei diesem erlangten Benefit nachgewiesen werden.

Komplikationen mit klinischer Symptomatik traten nicht auf. Zementextrudate traten in 10 Fällen (14,92%) auf. 2 dieser Zementextrudate wurden bei älteren Frakturen, 8 bei frischen Frakturen beobachtet.

Zu Anschlussfrakturen kam es in 2 Fällen, was 0,03% entspricht. Der mittlere präoperative Kyphosewinkel von $9,03^\circ$ konnte auf $5,35^\circ$ postoperativ verringert werden. Zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung war aber eine gewisse Nachsinterung zu verzeichnen und der mittlere Kyphosewinkel lag bei $8,13^\circ$.

Von den 26 nachgesinterten Wirbelkörpern waren 13 intraoperativ dekyphosiert worden, 13 konnten intraoperativ nicht verbessert werden. Von den nachgesinterten Wirbelkörpern waren zum Zeitpunkt der Operation 21 als frisch und 5 als älter frakturiert zu werten.

Tendenziell zeigte sich ein verringerter Benefit bei einer Rekyphosierung postoperativ sowie bei einer längeren stationären Liegezeit und einer hohen Anzahl von Nebendiagnosen. Zwischen einer älteren und frischen Fraktur konnte ebenfalls kein wesentlicher Unterschied im postoperativen Benefit gesehen werden.

8 Ausblick

For patients with a greater degree of kyphosis, only kyphoplasty can offer the predictable restoration of height and realignment of the spine. Currently we treat all Colles' fractures, all hip fractures, and all tibia plateau fractures.

The time has come to treat all symptomatic vertebral fractures.

[Zitat nach Neviasser et al. 2005]

9 Literaturverzeichnis

- 1) **Aebli N., Krebs J, Schwenke D., Davis G., Theis J.:**
Pressurization of vertebral body during vertebroplasty causes cardiovascular complication: an experience in sheep.
Spine. 2003 Jul 13;28(14):1513-1519
- 2) **Aebli N., Krebs J., Davis G., Walton M., Williams M., Theis J.:**
Fat embolism and acute hypotension during vertebroplasty: an experimental study in sheep.
Spine. 27(5):460-466, March 1, 2002
- 3) **Ananthakrishnan D., Berven S., Deviren V., Cheng K., Lotz J.C., Xu Z., Opullitz C.:**
The effect on anterior column loading due to different vertebral augmentation techniques.
Clin Biomech (Bristol, Avon). 2005 Jan;20(1):25-31
- 4) **Armsen N., Boszczyk B.:**
Vertebro-/ Kyphoplasty: History, Development, Results.
Eur J Trauma. 2005;31(5):433-441
- 5) **Atalay B., Caner H., Gokce C., Altinors N.:**
Kyphoplasty: 2-years of experience in a neurosurgery department.
Surg Neurol. 2005;64 Suppl 2:S72-6
- 6) **Baroud G., Nemes J., Heini P., Steffen T.:**
Load shift of the intervertebral disc after a vertebroplasty: a finite-element study.
Eur Spine J. 2003;12:421-426
- 7) **Baroud G., Vant C., Giannitsios D., Bohner M., Steffen T.:**
Effect of vertebral shell on injection pressure and intervertebral pressure in vertebroplasty.
Spine. 2005 Jan 1;30(1):68-74
- 8) **Bartl R., Bartl C., Mutschler W.:**
Diagnostik und Therapie der Osteoporose.
Unfallchirurg. 2003;106:526-541
- 9) **Baumann A., Tauss J., Baumann G., Tomka M., Hessinger M., Tiesenhausen K.:**
Cement embolization into the vena cava and pulmonal arteries after vertebroplasty: interdisciplinary management.
Eur J Vasc Endovasc Surg. May 2006 31(5) :558-561

- 10) **Belkoff S., Molloy S.:**
Temperature measurement during polymerization of PMMA cement used for vertebroplasty.
Spine. 2003, Jul 15;28(14):1555-1559
- 11) **Belkoff S.M., Jasper L.F., Stevens S.S.:**
An ex vivo evaluation of an inflatable bone tamp used to reduce fractures within vertebral bodies under load.
Spine. 2002 Aug 1;27(15):1640-3
- 12) **Berlemann U, Ferguson S, Nolte L, Heini P. (2002):**
Adjacent vertebral failure after vertebroplasty.
J Bone Joint Surg. (Br) 2002; 84-B:748-752
- 13) **Berlemann U., Franz T., Orlor R., Heini P.F.:**
Kyphoplasty for treatment of osteoporotic vertebral fractures:
A prospective non-randomized study.
Eur Spine J. 2004 Oct;13(6):496-501
- 14) **Berlemann U., Heini P.F.:**
Percutaneous cementing techniques in treatment of spinal sintering.
Unfallchirurg. 2002 Jan;105(1):2-8
- 15) **Berlemann U., Müller C.W., Krettek C.:**
Perkutane Augmentierungstechniken der Wirbelsäule.
Möglichkeiten und Grenzen.
Der Orthopäde. 33(1):6-12, January 2004
- 16) **Biafora S., Mardjetko S., Butler J., McCarthy P.:**
Arterial injury following percutaneous vertebral augmentation:
A case report.
Spine. Feb 1, 2006; 31(3):E84-E87
- 17) **Bierschneider M., Boszczyk B., Schmid K., Robert B., Jaksche H.:**
Minimally invasive vertebral augmentation techniques in osteoporotic fractures.
Eur J Trauma. 2005 Oct;31(5):442-452
- 18) **Blatter T.R., Glassmacher S., Siekmann H., Josten C.:**
Ballon-Kyphoplastie: Indikation, Diagnostik, operative Technik, Ergebnisse
Act Traumatol. 2006;36:6-13
- 19) **Bohner M., Gasser B., Baroud G., Heini P.:**
Theoretical and experimental model to describe the injection of polymethylmethacrylate cement into a porous structure.
Biomaterials. 24 (2003) 2721-2730

-
- 20) **Boszczyk B.M., Bierschneider M., Hauck S., Vastmanns J.:**
Conventional and semi-open kyphoplasty.
Orthopäde. 2004 Jan;33(1):13-21
 - 21) **Boszczyk B.M., Bierschneider M., Hauck S., Vastmanns J., Jaksche H.:**
Kyphoplastie im Vergleich zur Vertebroplastie.
Trauma Berufskrankh. 2004;6 (Suppl 2):S266-S272
 - 22) **Boszczyk B.M., Bierschneider M., Potulski M., Robert B., Vastmanns J., Jaksche H.:**
Extended kyphoplasty indications for stabilization of osteoporotic vertebral compression fractures.
Unfallchirurg. 2002 Oct;105(10):952-7
 - 23) **Boszczyk B.M., Bierschneider M., Schmid K., Grillhorst A.:**
Microsurgical interlaminary vertebro- and kyphoplasty for severe osteoporotic fractures.
J Neurosurg. 2004 Jan; 100(1 Suppl Spine9):32-7
 - 24) **Bouza C., Lopez T., Agro A., Navigateur L., Amante J.:**
Efficacy and safety of balloon kyphoplasty in the treatment of vertebral compression fractures: a systematic review.
Eur Spine J. 2006,15;7:1050-1067
 - 25) **Coumans J.V., Reinhardt M.K., Liebermann I.H.:**
Kyphoplasty for vertebral compression fractures: 1-year clinical outcomes from a prospective study.
J Neurosurg. 2003 Jul;99(1 Suppl):S44-50
 - 26) **Crandall D., Slaughter D., Hankins P.J., Moore C., Jerman J.:**
Acute versus chronic vertebral compression fractures treated with kyphoplasty: early results.
Spine J. 2004 Jul-Aug;4(4).418-24
 - 27) **DaFonseca K., Baier M., Grafe I., Libicher M., Noeldge G., Kasperk C., Meeder P.:**
Ballon-Kyphoplastie in der Therapie von Wirbelkörperfrakturen.
Unfallchirurg. 2006;109:391-400
 - 28) **Dansie D., Luetmer P., Lane J., Thielen K., Wald J., Kallmes D.:**
MRI findings after successful vertebroplasty.
AJNR Am J Neuroradiol. June-July 2005;26: 1595-1600
 - 29) **Deramond H., Wright N., Belkoff S.:**
Temperature elevation caused by bone cement polymerization during vertebroplasty.
Bone. Aug 1999;25(2):S17-S21

-
- 30) **Evans A., Jensen M., Kip K., DeNardo A., Lawler G., Negin G., Remley K., Boutin S., Dunnagan S.:**
Vertebral compression fractures: Pain reduction and improvement in functional mobility after percutaneous polymethylmethacrylate vertebroplasty. Retrospective report of 245 cases.
Radiology. 2003;226:366-372
- 31) **Fairbank J., Pysent P.:**
The Oswestry disability index.
Spine. Nov.15 2000;25(22):2940-2953
- 32) **Fechtenbaum J., Cropet C., Kolta S., Verdoncq B., Orcel P., Roux C.:**
Reporting of vertebral fractures on spine X-rays.
Osteoporosis Int. 2005;16.1823-1826
- 33) **Felsenberg D. and EPOS study group authors.:**
Incidence of vertebral fracture in Europe: results from the European prospective osteoporosis study (EPOS)
J. Bone Miner Res. 2002;17(49):716-725)
- 34) **Franz T., Berlemann U., Orlor R., Heini P.:**
Die Behandlung osteoporosebedingter Wirbelkörperfrakturen mittels Ballon-Kyphoplastie: Repositionspotential und Stabilität 1 Jahr postoperativ. Eine prospektive Studie.
J Miner Stoffwechs. 2004;11(Suppl 1):8-12
- 35) **Fribourg D., Tang C., Sra P., Delamarter R., Bae H.:**
Incidence of subsequent vertebral fracture after kyphoplasty.
Spine. 2004 Oct 15;29(20):2270-6
- 36) **Gaitanis I.N., Hadjipavlou A.G., Katonis P., Tzermiadianos M., Pasku D., Patwardhan A.:**
Balloon kyphoplasty for treatment of pathological vertebral compressive fractures.
Eur Spine J. 2005 Apr; 14(3):250-60
- 37) **Galibert P., Deramond H., Rosat P., le Gars D.:**
Preliminary note on the treatment of vertebral anima by percutaneous acrylic vertebroplasty.
Neurochirurgie. 1987;33(2):166-168
- 38) **Garfin S. R.,Yuan H.A., Reilley M.A.:**
New technologies in spine: Kyphoplasty and vertebroplasty for the treatment of painful osteoporotic compression fractures.
Spine. 26(14):1511-1515, July 15, 2001

-
- 39) **Gaughen J.R., Jensen M., Schweickert P., Kaufmann T., Marx W., Kallmes D.:**
Lack of preoperative spinous process tenderness does not affect clinical success of percutaneous vertebroplasty.
J Vasc Intern Radial. 2002;13:1135-1138
- 40) **Glasmacher S., Blattert T., Siekmann H., Josten C.:**
Ballon-Kyphoplastie: Indikation, Diagnostik, operative Technik, Ergebnisse.
Akt Traumatol. 2006;36:6-13
- 41) **Görtz B., Fassbender W.:**
Genetik der Osteoporose
Orthopäde. 2001.30:412-417
- 42) **Götte S., Dittmar K.:**
Epidemiologie und Kosten der Osteoporose
Orthopäde. 2001.30:402-404
- 43) **Grados F., Defroster C., Carole, Hardy N., Deramond H., Fardallone P.:**
Long-term observations of vertebral osteoporotic fractures treated by percutaneous vertebroplasty.
Rheumatology. 2000;39:1410-1410
- 44) **Grafe I.A., Da Fonseca K., Hillmeier J., Meeder P., Libicher M., Noeldge G., Bardenheuer H., Pyerin W., Basler L., Weiss C., Taylor R., Nawroth P., Kasperk C.:**
Reduction of pain and fracture incidence after kyphoplasty: 1-year outcomes of a prospective controlled trial of patients with primary osteoporosis.
Osteoporosis Int. 2005 Dec; 16(12):2005-2012.
- 45) **Groen R.J., du Toit D.F., Phillips F.M., Hoogland P.V., Kuizenga K., Coppes M., Muller C., Grobbelaar M., Mattysen J.:**
Anatomical and pathological considerations in percutaneous vertebroplasty and kyphoplasty: a reappraisal of the vertebral venous system.
Spine. 2004 Jul 1;29(13):1465-71
- 46) **Grohs J.G, Krepler P.:**
Minimal invasive stabilization of osteoporotic vertebral compression fractures. Methods and preinterventional diagnostics.
Radiologe.2004 Mar;44(3):254-9
- 47) **Grohs J.G., Matzner M., Trieb K., Krepler P.:**
Minimal invasive stabilization of osteoporotic vertebral fractures: A prospective nonrandomized comparison of vertebroplasty and balloon kyphoplasty.
J Spinal Disord Tech. 2005 Jun;18(3).238-242

-
- 48) **Hadjipavlou A.G., Tzermiadianos M.N., Katonis P.G., Szpalski M.:**
Percutaneous vertebroplasty and balloon Kyphoplasty for treatment of osteoporotic vertebral fractures and osteolytic tumors.
J Bone Joint Surg (Br). 2005; 87-B:1595 -1604
- 49) **Harrop J.S., Prpa B, Reinhardt M. K., Lieberman I.H. :**
Primary and secondary osteoporosis incidence of subsequent vertebral compression fractures after kyphoplasty.
Spine. 2004 Oct 1;29(19):2120-5
- 50) **Hauck S., Beisse R., Boszczyk B., Bühren V.:**
Wirbelfrakturbehandlung: Vertebro- und Kyphoplastie.
Trauma Berufskrankh. 2004;6(Suppl 2):S279-S285
- 51) **Hauck S., Beisse R., Bühren V.:**
Vertebroplasty and kyphoplasty in spinal trauma.
Eur J Trauma. 2005;31:453-463
- 52) **Heini P., Orlor R.:**
Vertebroplastie bei hochgradiger Osteoporose. Technik und Erfahrung mit plurisegmentalen Injektionen.
Orthopäde. 2004;33:22-29
- 53) **Heini P.F., Berlemann U., Kaufmann M., Lippuner K., Frankhauser C., van Landuyt P.:**
Augmentation of mechanical properties in osteoporotic vertebral bones - a biomechanical investigation of vertebroplasty efficacy with different bone cements.
Eur Spine J. 2001;10:164-171
- 54) **Heini P.F., Orlor R.:**
Kyphoplasty for treatment of osteoporotic vertebral fractures.
Eur spine J. 2004 May;13(3):184-92
- 55) **Heini P.F., Wälchli B., Berlemann U.:**
Percutaneous transpedicular vertebroplasty with PMMA: operative technique and early results.
Eur Spine J. 2000;9:445-450
- 56) **Heini P.F.:**
The current treatment –a survey of osteoporotic fracture treatment.
Osteoporotic spine fractures: the spine surgeon's perspective.
Osteoporosis Int. 2005 Mar; 16 Suppl 2:S85-92
- 57) **Helmberger T., Bohndorf K., Hierholzer J., Noeldge G., Vorwerk D.:**
Leitlinien der Deutschen Röntgengesellschaft zur Vertebroplastie.
Radiologe. 2003;43:703-708

-
- 58) **Hillmeier J., Grafel, Da Fonseca K., Meeder P.J., Noldge G., Libicher M., Koock H., Haag M., Kasperk C.:**
The evaluation of balloon kyphoplasty for osteoporotic vertebral fractures. An interdisciplinary concept.
Orthopäde. 2004 Aug;33(8):893-904
- 59) **Hillmeier J., Meeder P., Nöldge G., Kasperk C.:**
Minimal invasive Reposition und innere Stabilisierung osteoporotischer Wirbelkörperfrakturen.
Operat Orthop Traumatol. 2003 ;4:343-362
- 60) **Hochmuth K., Proschek D., Schwarz W., Mack M., Kurth A., Vogl T.:**
Percutaneous vertebroplasty in therapy of osteoporotic vertebral compression fractures. A critical review.
Eur Radiol. Jan 2006;5:1-7
- 61) **Hoffmann R.T., Jakobs T.F., Wallnhöfer A., Reiser M.F., Helmberger T.:**
Perkutane Vertebroplastie: Indikation, Kontraindikationen und Technik.
Radiologe. 2003;43:709-717
- 62) **Johnell O., Kanis J. Odén A., Sernbo I., Redlund-Johnell I., Petterson C., De Laet C., Jönsson B.:**
Fracture risk following an osteoporotic fracture.
Osteoporosis Int. 2004;15:175-179
- 63) **Kado D.M., Browner W.S., Palermo L.:**
Vertebral fractures and mortality in older women: a prospective study.
Study of Osteoporotic Fractures Research Group
Arch Intern Med. 1999;159:1215-1220
- 64) **Kalmes D., Schweickert P., Marx W., Jensen M.:**
Vertebroplasty in the mid- and upper thoracic spine.
AJNR Am J Neuroradiol. August 2002;23:1117-1120
- 65) **Kasperk C., Hillmeier J., Noldge G, Grafe I., Dafonseca K., Raupp D., Bardebheuer H., Libicher M., Liegibel U., Sommer U., Hilscher U., Pyerin W., Vetter M., Meinzer H., Meeder P., Taylor R, Nawroth P.:**
Treatment of painful vertebral fractures by kyphoplasty in patients with primary osteoporosis: a prospective nonrandomized controlled study.
J Bone Miner Res. April 2005;20(4):604-12
- 66) **Katscher S., Blattert T., Glasmacher S., Gonschorek O., Josten C.:**
Fehler und Komplikationen bei der Kyphoplastie.
Act Traumatol. 2006;36:23-28
- 67) **Kaufmann T., Jensen M., Schweikert P., Marx W., Kallmes D.:**
Age of fracture and clinical outcomes of percutaneous vertebroplasty.
AJNR Am J Neuroradiol. Nov/Dec. 2001,22:1860-1863

-
- 68) **Kayanja M.M., Ferrara L.A., Lieberman I.H.:**
Distribution of anterior cortical shear strain after a thoracic wedge compression fracture.
The Spine Journal. 4 (1):76-87, 2 January 2004
- 69) **Keller T.S., Kosmopoulos V., Liebermann I.H.:**
Vertebroplasty and kyphoplasty affect vertebral motion segment stiffness and stress distributions: a micro structural finite-element study.
Spine. 2005 Jun 1;30(11):1258-65
- 70) **Kim A., Jensen M.E., Dion J., Schweickert P., Kaufmann T., Kallmes D.:**
Unilateral transpedicular percutaneous vertebroplasty: initial experience
Radiology.2002;22:737-741
- 71) **Kim S.H., Kang H.S., Choi J.-A & J. M. Ahn :**
Risk factors of new compression fractures in adjacent vertebrae after percutaneous vertebroplasty.
Acta Radiol.2004 (4):440-445
- 72) **Klößner C., Weber U.:**
Operative Möglichkeiten zur Behandlung von Erkrankungen und Verletzungen der Wirbelsäule bei Patienten mit manifester Osteoporose.
Der Orthopäde. Juli 2001;30(7):473-478
- 73) **Klotzbuecher C., Ross P., Landsmann P., Abbott T., Berger M.:**
Patients with prior fractures have an increased risk of future fractures: A summary of the literature and statistical synthesis.
J Bone Miner Research. 2000;15(4):721-729
- 74) **Knop C., Oeser M., Bastian L., Lange U., Zdichavsky M., Blauth M.:**
Entwicklung und Validierung des VAS-Wirbelsäulenscores.
Unfallchirurg. Juni 2001;104(6):488-497
- 75) **Komp M., Ruetten S., Godolias G.:**
Minimal-invasive Therapie der funktionell instabilen osteoporotischen Wirbelkörperfraktur mittels Kyphoplastie: Prospektive Vergleichsstudie von 19 operierten und 17 konservativ behandelten Patienten.
J Miner Stoffwechs. 2004;11(Suppl 1):S13-S15
- 76) **Krause R.:**
Zementabfluss über Pulmonalarterien bei Vertebroplastie.
J Miner Stoffwechs. 2004;11 (Suppl 3):15:18
- 77) **Krebs J., Ferguson S., Böhner M., Baroud G., Steffen T., Heini P.:**
Clinical measurements of cement injection pressure during vertebroplasty.
Spine. 30(59):E118-E122, March 1, 2005

-
- 78) **Krepler P., Grohs J.:**
Minimal-invasive Therapie osteoporotischer Wirbelkörperfrakturen.
Radiologe. 2003;43:718-722
- 79) **Lane J.M., Gardner M.J., Lin J.T, van der Meulen M.C., Meyers E.:**
The aging spine: new technologies and therapeutics for the osteoporotic spine.
Eur Spine J. 2003;12(Suppl2):S147-S154
- 80) **Ledlie J.T., Renfro M.:**
Balloon kyphoplasty: one-year outcomes in vertebral body height restoration,
chronic pain, and activity levels.
J. Neurosurg. (Spine 1) 98:36-42, 2003
- 81) **Ledlie J.T., Renfro M.B.:**
Decreases in the number and severity of morphometrically defined vertebral
deformities after Kyphoplasty.
Neurosurg Focus. 2005 Mar 15;18(3):e4
- 82) **Ledlie J.T., Renfro MB.:**
Kyphoplasty treatment of vertebral fractures: 2-year outcomes show sustained
benefits.
Spine. 2006 Jan 1;31(1):57-64
- 83) **Lee B., Lee S., Yoo T.:**
Paraplegia as a complication of percutaneous vertebroplasty with
polymethylmethacrylate: a case report.
Spine. Oct 1 2002;27(19):E419-E422
- 84) **Liebermann I.H., Dudeney S., Reinhardt M.K., Bell G.:**
Initial outcome and efficacy of „kyphoplasty“ in the treatment of painful
osteoporotic vertebral compression fractures.
Spine. 2001 Jul 15;26(14):1631-1637
- 85) **Liebscher M., Rosenberg W., Keaveny T.:**
Effects of bone cement volume and distribution on vertebral stiffness after
vertebroplasty.
Spine. July 15, 2001;26(14):1547-1554
- 86) **Lin E., Ekholm S., Hiwatashi A., Westesson P.:**
Vertebroplasty: cement leakage into the disc increases the risk of new fracture
of adjacent vertebral body.
Am J Neuroradiol. 25:175-180, February 2004
- 87) **Lindsay R., Silverman S.L., Cooper C., Hanley D., Barton I., Broy S., Licata
A., Brenhamou L., Geusens P., Flowers K., Stracke H., Seeman E.:**
Risk of new vertebral fracture in the year following a fracture
JAMA. 2001;285:320-323

-
- 88) **Magerl F., Aebi M., Gertzbein D.:**
A comprehensive classification of thoracic and lumbar injuries.
Eur Spine J. 3:184-201
- 89) **Majd M.E., Farly S., Holt R.T.:**
Preliminary outcomes and efficacy of the first 360 consecutive kyphoplasties:
for treatment of painful osteoporotic vertebral compression fractures.
Spine J. 2005 May-Jun;5(3):244-55
- 90) **Mannion A., Junge A., Fairbank J., Dvorak J., Grob D.:**
Development of a german version of the Oswestry Disability Index. Part 1
cross-cultural adaption, reliability and validity.
Eur Spine J. 2006;15:55-65
- 91) **Masala S., Schillaci O., Massari F., Danieli R.:**
MRI and bone scan imaging in the preoperative evaluation of painful vertebral
fractures treated with vertebroplasty and kyphoplasty.
In Vivo. 2005 Nov-Dec;19(6):1055-60
- 92) **McKiernan F., Jensen R., Faciszewski T.:**
The dynamic mobility of vertebral compression fractures.
J Bone Miner Res. 2003;18:24-29
- 93) **Meeder P.J., Da Fonseca K., Hillmeier J., Grafe I., Noeldge G.,
Kasperk C.:**
Kyphoplasty and vertebroplasty in fractures in the elderly: effort and effect.
Chirurg. 2003 Nov;74(11):994-9
- 94) **Mehbod A., Aunoble S., Le Huec J.C.:**
Vertebroplasty for osteoporotic spine fracture: prevention and treatment.
Eur Spine J. 2003 Oct;12 Suppl 2:S155-S162
- 95) **Melton L., Atkinson E., Cooper C., O`Fallon W., Riggs B.:**
Vertebral fractures predict subsequent fractures.
Osteoporosis Int. (1999) 10:214-221
- 96) **Minne H., Pfeifer M., Begerow B., Pollähne W.:**
Osteoporose.
Orthopäde. 2002;31:681-699
- 97) **Molloy S., Mathis J., Belkoff S.:**
The effect of vertebral body percentage fills on mechanical behaviour during
percutaneous vertebroplasty.
Spine. July 15, 2003;28(14):1549-1554
- 98) **Nelson B., Watts M.:**
Osteoporotic vertebral fractures.
Neurosurg Focus. 10 (4):Article 12 2001

-
- 99) **Nöldge G., DaFonseca K., Grafe I., Libicher M., Hillmeier J., Meeder P., Kauffmann G., Kasperk C.:**
Ballonkyphoplastie in der Behandlung des Rückenschmerzes
Radiologe. 2006;46:506-512
- 100) **Nussbaum D., Gailloud P., Murphy K.:**
A review of complications associated with Vertebroplasty and Kyphoplasty as reported to the Food and Drug Administration Medical Device related web site.
J Vasc Interv Radiol. 2004;15:1185-1192
- 101) **O'Neill T.W., et al., EPOS study group authors.:**
The relationship between bone density and incident vertebral fracture in men and women.
J. Bone Miner Res 2002;17(12):2214-2223
- 102) **Oberthaler W.:**
Ist die Vertebroplastie wirklich ein risikoreiches Verfahren?
Journal für Mineralstoffwechsel. 2004;11(Sonderheft 1):20-25
- 103) **Pham T., Azulay-Parrado J., Champsaur P., Chagnaud C.:**
"Occult" osteoporotic vertebral fractures: vertebral body fractures without radiologic collapse.
Spine. 2005 Nov 1;30(21):2430-2435
- 104) **Phillips F.M., Ho E., Campbell-Hump M., McNally T., Todd Wetzel F., Gupta P.:**
Early radiographic and clinical results of balloon Kyphoplasty for the treatment of osteoporotic vertebral compression fractures.
Spine. 2003 Oct 1;28(19):2260-5
- 105) **Polikeit A., Nolte L., Ferguson S.:**
The effect of cement augmentation on the load transfer in an osteoporotic functional spinal unit: finite-element analysis.
Spine. May 15 2003;28(10):991-996
- 106) **Pongchaiyakul C., Nguyen N., Jones G., Center J., Eisman J, Nguyen T.:**
Asymptomatic vertebral deformity as a major risk factor for subsequent fractures and mortality: a long-term prospective study.
J. Bone Miner Res. 2005;20(8):1349-1356
- 107) **Pradhan B., Bae H., Kropf M., Patel V., Delamarter R.:**
Kyphoplasty reduction of osteoporotic vertebral compression fractures: Correction of local kyphosis versus overall sagittal alignment.
Spine. February 15, 2006;31(4):435-441

- 108) **Prymka M., Pühler T., Hirt S., Ulrich H.-W.:**
Extrakorporaler Zementabfluss mit Füllung des extraduralen Venenplexus bis in die V. cava nach Vertebroplastie. Fallbericht und Aufarbeitung des Schrifttums. Der Unfallchirurg. 106(10):860-864, Oktober 2003
- 109) **Rao R.D., Singrakima M.D.:**
Painful osteoporotic vertebral fractures: pathogenesis, evaluation and roles of vertebroplasty and kyphoplasty in its management. J Bone Joint Surg Am. 83:2010-2022
- 110) **Rauschmann M., von Stechow D., Thomann K., Scale D.:**
Komplikationen in der Vertebroplastie. Orthopäde. 2004;33:40-47
- 111) **Rhyne A., Banit D., Laxer E., Odum S., Nussbaum D.:**
Kyphoplasty: Report of eighty-two thoracolumbar osteoporotic vertebral fractures. J Orthop Trauma. 2004 May-Jun, 18(5):294-9
- 112) **Rieger M., Mallouhi A., El Attal R., Kathrein A., Knop C., Blauth M.:**
Akutversorgung des Wirbelsäulentraumas. Radiologe. 2006;46:527-544
- 113) **Rohlmann A., Klöckner C., Bergmann G.:**
Biomechanik der Kyphose
Orthopäde. 2001;30:915-910
- 114) **Rohlmann A., Zander T., Bergmann G.:**
Spinal loads after osteoporotic vertebral fractures treated by vertebroplasty or kyphoplasty. Eur Spine J. 26 November 2006; Online first
- 115) **Roland M., Morris R.:**
A study of the natural history of low back pain: part I, development of a reliable and sensitive measure of disability in the low back pain. Spine.1983; 8:141-144
- 116) **Roy D.K. and Epos study group authors :**
Determinants of incident vertebral fracture in men and women: results from the European prospective osteoporosis study (EPOS). Osteoporosis Int. 2003Jan; 14(1):19-26
- 117) **Schmid K., Boszczyk B., Bierschneider M., Zarfl A., Robert B., Jaksche H.:**
Spondylitis following vertebroplasty: a case report. Eur Spine J. 2005;14:895-899

-
- 118) **Schmidt R., Cakir B., Mattes T., Wegener M., Puhl W., Richter M.:**
Cement leakage during vertebroplasty: an underestimated problem.
Eur Spine J. (2005) 14:466-473
- 119) **Schulte B., Brucher D., Trompeter M., Remy C., Reimer P.:**
Balloon-assisted percutaneous vertebroplasty in patients with osteoporotic
compression fractures - first results.
RöFo. Feb 2006;178(2):207-213
- 120) **Scroop R., Eskridge., Britz G.W.:**
Paradoxical cerebral arterial embolization of cement during intraoperative
vertebroplasty: case report.
AJNR Am J Neuroradiol. 2002;23:868-870
- 121) **Seung-Eun C., Sang-Ho L., Tae-Hong K., Kwang Hyun Y., Byung-June J.:**
Renal cement embolism during percutaneous vertebroplasty.
Eur Spine J. 2005; Online first
- 122) **Singh A., Pilgram T., Gilula L.:**
Osteoporotic compression fractures: outcomes after single- versus multiple-
level percutaneous vertebroplasty.
Radiology. Jan 2006;238(1):211-220
- 123) **Spivak J., Johnson M.:**
Percutaneous treatment of vertebral body pathology.
J Am Acad Orthop Surg. 2005;13:6-17
- 124) **Steinmann J., Tingey C.T., Cruz G., Dai Q.:**
Biomechanical comparison of unipedicular versus bipedicular kyphoplasty.
Spine. 2005 Jan 15;30(2):201-5
- 125) **Syed M., Patel N., Jan S., Harron M, Morar K., Shaikh A.:**
New symptomatic vertebral compression fractures within a year following
Vertebroplasty in osteoporotic women.
AJNR Am J Neuroradiol. June-July 2005;26:1601-1604
- 126) **Tanigawa N., Komemushi A., Kariya S., Kojima H., Shomura Y., Sawada S.:**
Radiological follow-up of new compression fractures following percutaneous
vertebroplasty.
Cardiovasc Intervent Radiol. Jan-Feb 2006;29(1):92-96
- 127) **Trout A.T., Kallmes D.F, Kaufmann T.J.:**
New fractures after vertebroplasty: adjacent fractures occur significantly sooner.
American Journal of Neuroradiology. 27:217-223, January 2006

-
- 128) **Trout A.T., Kallmes D.F., Gray L.A., Goodnature B., Everson S, Comstock B., Jarvik J.:**
Evaluation of vertebroplasty with a validated outcome measure: The Roland-Morris Disability Questionnaire.
AJNR Am J Neuroradiol. 26:2652-2657, Nov/Dec 2005
- 129) **Trumm C., Jakobs T., Zech C., Weber C., Reiser M, Hoffmann R.:**
Vertebroplastie zur Therapie des Rückenschmerzes.
Radiologe. 2006;46:495-505
- 130) **Uppin A., Hirsch J., Centenera L., Pfiefer B., Pazianos A., Choi I.:**
Occurrence of new vertebral body fracture after percutaneous vertebroplasty in patients with osteoporosis.
Radiology. 2003;226:119-124
- 131) **Van der Klift M., De Laet C., McCloskey E., Hofman A., Pols H.:**
The incidence of vertebral fractures in men and women: The Rotterdam Study.
J Bone Miner Res. 2002;17(6):1051-1056
- 132) **Vasconcelos C., Gailloud P., Beauchamp N., Heck D., Murphy K.:**
Is percutaneous vertebroplasty without venography safe? Evaluation of 2005 consecutive procedures.
AJNR Am J Neuroradiol. June/July 2002 , 23:913-917
- 133) **Verlaan J., Van de Kraats E., Oner F, Van Walsum T.,Niessen W., Dhert W.:**
Bone displacement and the role of longitudinal ligaments during balloon vertebroplasty in traumatic thoracolumbar fractures.
Spine. August 15 2005; 30(16):1832-1839
- 134) **Verlaan J.J., Dhert W., Verbout A., Oner F.:**
Balloon vertebroplasty in combination with pedicle screw instrumentation: A novel technique to treat thoracic and lumbar burst fractures.
Spine. 30(3):E73-E79, February 1, 2005
- 135) **Verlaan J.J., Oner F.C., Dhert W.J.:**
Anterior spinal column augmentation with injectable bone cements.
Biomaterials. 2006 Jan; 27(3):290-301
- 136) **Verlaan J.J., van de Kraats E., Oner F., van Walsum T.:**
The reduction of endplate fractures during balloon vertebroplasty: a detailed radiological analysis of the treatment of burst fracture using pedicle screws, balloon vertebroplasty and calcium phosphate cement.
Spine. Aug 15 2005;30(16):1840-1845

-
- 137) **Villarraga M.L., Bellezza A.J., Harrigan T.P., Cripton P.A., Kurtz S.M., Edidin A.A.:**
The biomechanical effects of kyphoplasty on treated and adjacent nontreated vertebral bodies.
J Spinal Disord Tech. 2005 Feb;18(1):84-91
- 138) **Vogel T., Dobler T., Bitterling H., Biberthaler P., Kanz K, Pfeifer K., Bartl R., Mutschler W.:**
Osteoporose in der Unfallchirurgie.
Unfallchirurg. 2005. 108:356-364
- 139) **Voggenreiter G., Lenz E., Obertacke U., Ascherl R.:**
Effektivität von Vertebroplastie und Kyphoplastie in der Aufrichtung osteoporotischer Wirbelkörperfrakturen.
Akt Traumatol. 2006;36:1-5
- 140) **Voggenreiter G.:**
Balloon kyphoplasty is effective in deformity correction of osteoporotic vertebral compression fractures.
Spine. 30(24):2806-2812, December 15, 2005
- 141) **Weißkopf M., Herlein S., Birnbaum K, Siebert C., Stanzel S., Wirtz D.C.:**
Kyphoplasty – a new minimally invasive treatment for repositioning and stabilising vertebral bodies.
Z Orthop Ihre Grenzgeb. 2003 Jul-Aug;141(4):406-11
- 142) **Wenger W., Markwalder T.M.:**
Surgically controlled, transpedicular methyl metacrylate vertebroplasty with fluoroscopic guidance.
Acta Neurochir 141:625-631
- 143) **Wilhelm K., Stoffel M., Ringel F., Rao G., Roessler L., Urbach H., Meyer B.:**
Preliminary experience with balloon kyphoplasty for the treatment of painful osteoporotic compression fractures.
RöFo. 2003 Dec;175(12):1690-6
- 144) **Wong W., Reiley M., Garfin S.:**
Vertebroplasty/Kyphoplasty.
J Women's Imaging. 2000;2:117-124
- 145) **Yeom J., Kim W., Choy W., Lee C., Chang B., Kang J.:**
Leakage of cement in percutaneous transpedicular vertebroplasty for painful osteoporotic compression fractures.
J Bone Joint Surg (Br). 2003; 85-B:83-9

- 146) **Yu S., Chen W., Lin W., Chen Y., Tu Y.:**
Serious pyogenic spondylitis following vertebroplasty: a case report.
Spine. 2004;29:209-211

10 Danksagung

Mein Dank gilt

Meinem Doktorvater Herrn Prof. Dr. med. habil. Dr. Ing W. Plitz für die Annahme des Themas und seine überaus freundliche, souveräne Betreuung und die kritische Durchsicht des Manuskriptes.

Herrn Chefarzt Dr. med. E. Höcherl, der dieses Verfahren in unserem Haus einführte und die Nachuntersuchungen ermöglichte.

Herrn Dr. med. T. Demhartner und ganz besonders Herrn Dr. med. Tino Gasche und Fritz Geiger für Ihr äußerst kollegiales Mitwirken bei der Korrektur und Formatierung.

Meiner Frau Ulrike Hierl und meinen Kindern Maximilian und Theresa für ihre Geduld und Nachsicht bei meiner chirurgischen Tätigkeit.

11 Anhang (Untersuchungsergebnisse)

11.1 Scores:

Oswestry disability index (ODI)

Patient: _____ Datum: _____

Abschnitt 1: Schmerzzustände

- A:** Ich habe momentan keine Schmerzen

- B:** Die Schmerzen sind momentan sehr schwach

- C:** Die Schmerzen sind momentan mäßig

- D:** Die Schmerzen sind momentan ziemlich stark

- E:** Die Schmerzen sind momentan sehr stark

- F:** Die Schmerzen sind momentan so schlimm wie nur vorstellbar

Abschnitt 2: Körperpflege

- A:** Ich kann meine Körperpflege normal durchführen, ohne dass die Schmerzen dadurch stärker werden.

- B:** Ich kann meine Körperpflege normal durchführen, aber es ist schmerzhaft

- C:** Meine Körperpflege durchzuführen ist schmerzhaft und ich bin vorsichtig

- D:** Ich brauche bei der Körperpflege etwas Hilfe, bewältige das meiste aber selbst

E: Ich brauche täglich Hilfe bei den meisten Aspekten der Körperpflege

F: Ich kann mich nicht selbst anziehen, wasche mich mit Mühe und bleibe im Bett

Abschnitt 3: Heben

A: Ich kann schwere Gegenstände heben, ohne dass die Schmerzen dadurch stärker werden

B: Ich kann schwere Gegenstände heben, aber die Schmerzen werden dadurch stärker

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

D: Schmerzen hindern mich daran, schwere Gegenstände zu heben, aber leichte bis mittelschwere kann ich heben, wenn sie geeignet stehen (z.B. Tisch).

E: Ich kann nur leichte Gegenstände heben

F: Ich kann überhaupt nichts heben und tragen.

Abschnitt 4: Gehen

A: Schmerzen hindern mich nicht daran, soweit zu gehen, wie ich möchte

B: Schmerzen hindern mich daran, mehr als 1 – 2 km zu gehen

C: Schmerzen hindern mich daran, mehr als 0,5 km zu gehen

- D: Schmerzen hindern mich daran, mehr als 100 m zu gehen
- E: Ich kann nur mit einem Stock oder Krücken gehen
- F: Ich bin die meiste Zeit im Bett und muss mich zur Toilette schleppen

Abschnitt 5: Sitzen

- A: Ich kann auf jedem Stuhl sitzen, so lange ich möchte
- B: Ich kann auf meinem Lieblingsstuhl so lange sitzen, wie ich möchte
- C: Schmerzen hindern mich daran, länger als 1 Stunde zu sitzen
- D: Schmerzen hindern mich daran, länger als eine halbe Stunde zu sitzen
- E: Schmerzen hindern mich daran, länger als 10 Minuten zu sitzen
- F: Schmerzen hindern mich daran, überhaupt zu sitzen

Abschnitt 6: Stehen

- A: Ich kann so lange stehen, wie ich möchte, ohne dass die Schmerzen dadurch stärker werden
- B: Ich kann stehen so lange wie ich möchte, aber die Schmerzen werden dadurch stärker
- C: Schmerzen hindern mich daran, länger als 1 Stunde zu stehen
- D: Schmerzen hindern mich daran, länger als eine halbe Stunde zu stehen
- E: Schmerzen hindern mich daran, länger als 10 Minuten zu stehen

F: Schmerzen hindern mich daran, überhaupt zu stehen

Abschnitt 7: Schlafen

A: Mein Schlaf ist nie durch Schmerz gestört

B: Mein Schlaf ist gelegentlich durch Schmerz gestört

C: Ich schlafe auf Grund von Schmerzen weniger als 6 Stunden

D: Ich schlafe auf Grund von Schmerzen weniger als 4 Stunden

E: Ich schlafe auf Grund von Schmerzen weniger als 2 Stunden

F: Schmerzen hindern mich daran, überhaupt zu schlafen

Abschnitt 8: Sozialleben

A: Mein Sozialleben ist normal und die Schmerzen werden dadurch nicht stärker

B: Mein Sozialleben ist normal, aber die Schmerzen werden dadurch stärker

C: Schmerzen haben keinen wesentlichen Einfluss auf mein Sozialleben, außer dass sie meine eher aktiven Interessen einschränken

D: Schmerzen schränken mein Sozialleben ein und ich gehe nicht mehr so oft aus

E: Schmerzen schränken mein Sozialleben auf mein Zuhause ein

F: Ich habe auf Grund von Schmerzen kein Sozialleben

Abschnitt 9: Reisen

A: Ich kann überall hin reisen und die Schmerzen werden dadurch nicht stärker

B: Ich kann überall hin reisen, aber die Schmerzen werden dadurch stärker

C: Trotz Schmerzen kann ich länger als 2 Stunden unterwegs sein

D: Ich kann auf Grund von Schmerzen höchstens 1 Stunde unterwegs sein

E: Ich kann auf Grund von Schmerzen nur notwendige Fahrten unter 30 Minuten machen

F: Schmerzen hindern mich daran, unterwegs zu sein, außer zu medizinischen Behandlungen

Abschnitt 10: Schmerzen

A: Meine Schmerzen werden rasch besser

B: Meine Schmerzen schwanken, werden aber tendenziell besser

C: Meine Schmerzen scheinen besser zu werden, aber die Besserung verläuft langsam

D: Meine Schmerzen haben sich nicht verändert

E: Meine Schmerzen haben sich tendenziell verstärkt

F: Meine Schmerzen haben sich sehr verstärkt

Roland/Morris disability questionnaire (RMQ)

Patient: _____ Datum: _____

präop: _____ postop: _____

RM 1 Wegen meines Rückens bleibe ich die meiste Zeit zu Hause.**Stimmt nicht: 1****Stimmt: 2****RM 2 Ich ändere meine Körperhaltung häufig, um so für meinen Rücken eine bequeme Haltung zu finden.****Stimmt nicht: 1****Stimmt 2****RM 3 Ich gehe langsamer als gewohnt wegen meines Rückens****Stimmt nicht: 1****Stimmt: 2****RM 4 Wegen meines Rückens kann ich meine gewohnten Tätigkeiten zuhause nicht verrichten.****Stimmt nicht: 1****Stimmt: 2**

RM 5 Ich benütze beim Treppensteigen das Treppengeländer wegen meines Rückens.

Stimmt nicht: 1

Stimmt: 2

RM 6 Wegen meines Rückens lege ich mich vermehrt hin, um auszuruhen.

Stimmt nicht: 1

Stimmt: 2

RM 7 Wegen meines Rückens muss ich mich beim Aufstehen aus dem Stuhl an etwas festhalten.

Stimmt nicht: 1

Stimmt: 2

RM 8 Wegen meines Rückens versuche ich, andere Menschen dazu zu bringen, für mich etwas zu tun.

Stimmt nicht: 1

Stimmt: 2

RM 9 Wegen meines Rückens benötige ich mehr Zeit zum Ankleiden als sonst.

Stimmt nicht: 1

Stimmt: 2

RM 10 Ich stehe nur kurz auf wegen meines Rückens.

Stimmt nicht: 1

Stimmt: 2

RM 11 Wegen meines Rückens vermeide ich, wenn möglich, Bücken und Niederknien.

Stimmt nicht: 1

Stimmt: 2

RM 12 Wegen meines Rückens habe ich Mühe, mich von einem Stuhl zu erheben.

Stimmt nicht: 1

Stimmt: 2

RM 13 Mein Rücken schmerzt fast immer.

Stimmt nicht: 1

Stimmt 2

RM 14 Ich habe Mühe, mich im Bett zu drehen wegen meines Rückens.

Stimmt nicht: 1

Stimmt: 2

RM 15 Mein Appetit ist nicht sehr gut wegen meines Rückens.

Stimmt nicht: 1

Stimmt: 2

RM 16 Wegen meines Rückens habe ich Mühe, die Strümpfe anzuziehen.

Stimmt nicht: 1

Stimmt: 2

RM 17 Ich gehe nur kurze Strecken wegen meines Rückens.

Stimmt nicht: 1

Stimmt: 2

RM 18 Ich schlafe weniger gut wegen meines Rückens.

Stimmt nicht: 1

Stimmt: 2

RM 19 Wegen meines Rückens muss mir beim Ankleiden jemand behilflich sein.

Stimmt nicht: 1

Stimmt: 2

RM 20 Tagsüber sitze ich die meiste Zeit wegen meines Rückens.

Stimmt nicht: 1

Stimmt: 2

RM 21 Ich vermeide schwere Arbeiten zu Hause wegen meines Rückens.

Stimmt nicht: 1

Stimmt: 2

RM 22 Wegen meines Rückens bin ich im Umgang mit anderen Menschen schlecht gelaunt und mehr gereizt als sonst.

Stimmt nicht: 1

Stimmt: 2

RM 23 Wegen meines Rückens bin ich langsamer als sonst beim Treppensteigen.

Stimmt nicht: 1

Stimmt: 2

RM 24 Ich bleibe die meiste Zeit im Bett wegen meines Rückens.

Stimmt nicht: 1

Stimmt: 2

Visual analoge scale(VAS)

Patient: _____ Datum: _____

präop: _____ postop: _____

1: Wie oft stören Rückenschmerzen Ihren Schlaf?

Nie 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 Immer

**2: Wie oft haben Sie in körperlicher Ruhe Rückenschmerzen?**

Nie 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 Immer

**3: Wie stark sind dann in körperlicher Ruhe Ihre Schmerzen?**

Gering 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 Stark

**4: Wie oft haben Sie bei körperlicher Belastung Rückenschmerzen?**

Nie 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 Immer

**5: Wie stark sind dann Ihre Rückenschmerzen?**

Gering 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 Stark



6: Wie oft nehmen sie Schmerzmittel gegen Rückenschmerzen?



Nie 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 Ständig



7: Wie gut wirken die Schmerzmittel?



Seht gut 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 Schlecht



8: Wie lange können Sie ohne Rückenschmerzen sitzen?



Ständig 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 Gar nicht



9: Wie stark schränken Rückenschmerzen das Vorbeugen ein? (z.B. beim Abwaschen, Schuhe anziehen)



Gar nicht 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 Unmöglich



10: Wie stark schränken Ihre Rückenschmerzen Ihren Beruf ein?



Gar nicht 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 Geht nicht



11: Wie stark schränken Rückenschmerzen das Hochheben ein?



Gar nicht 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 Geht nicht



12: Wie stark schränken Rückenschmerzen Hausarbeiten ein?



Nie 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 Immer



13: Wie lange können Sie ohne Schmerzen stehen?



Ständig 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 Nie



14: Wie lange können Sie ohne Rückenschmerzen gehen?



Immer 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 Nie



15: Wie stark schränken Rückenschmerzen das Laufen ein?



Nie 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 Ständig



16: Wie stark schränken Rückenschmerzen Aktivitäten des täglichen Lebens ein?



Nie 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 Ständig



17: Wie lange können Sie ohne Rückenschmerzen reisen?



Immer 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 Nie



18: Wie stark schränken Rückenschmerzen das Tragen ein?



Nie 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 Ständig



19. Schränken Rückenschmerzen Ihr Sozialleben ein?



Nie 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 Ständig



20: Besuchen Sie wegen der Rückenschmerzen Ihren Hausarzt?



Selten 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 Sehr oft



21: Wie hoch ist Ihr Schmerz zur Zeit?



Keiner 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 Sehr stark



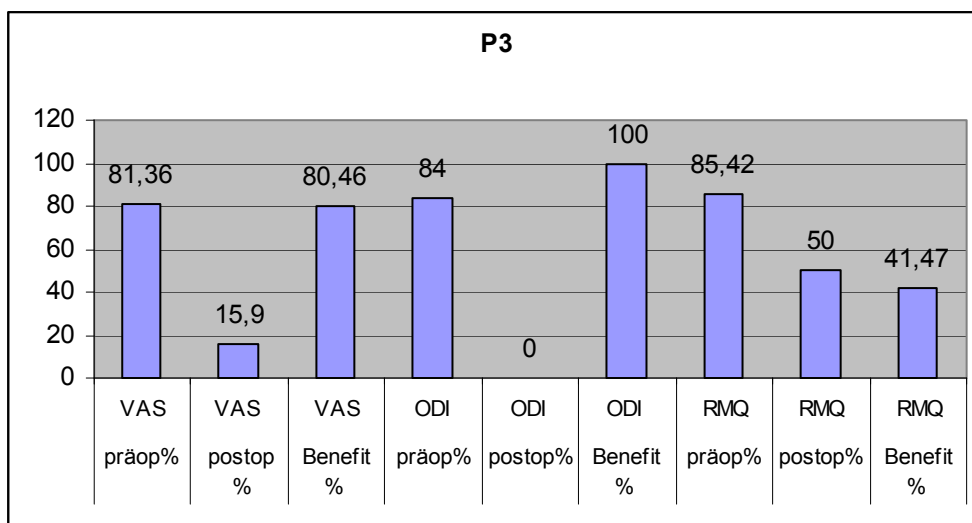
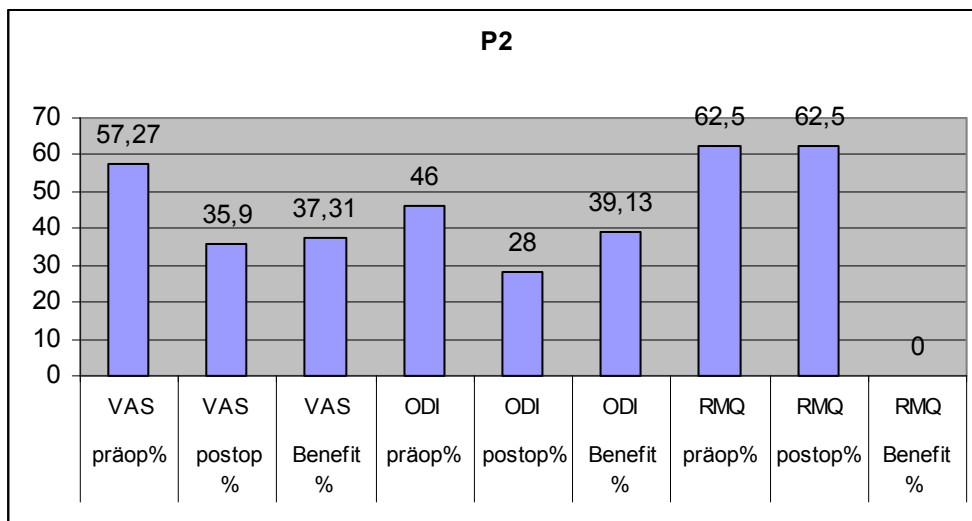
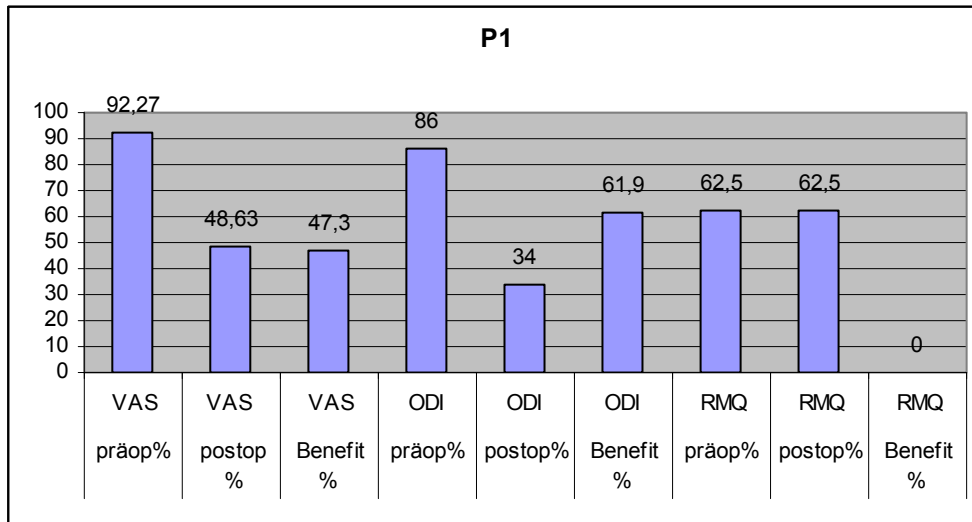
22: Wie hoch ist Ihr Schmerz im Durchschnitt?

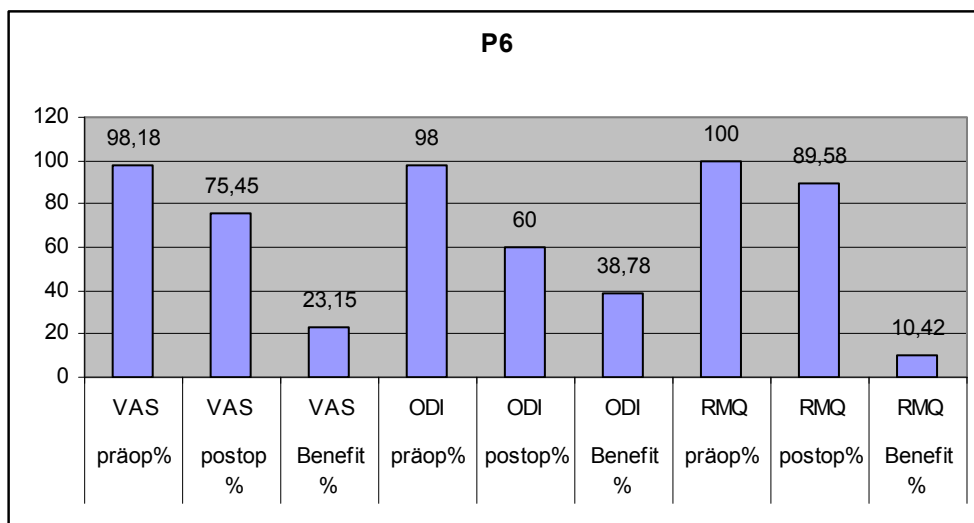
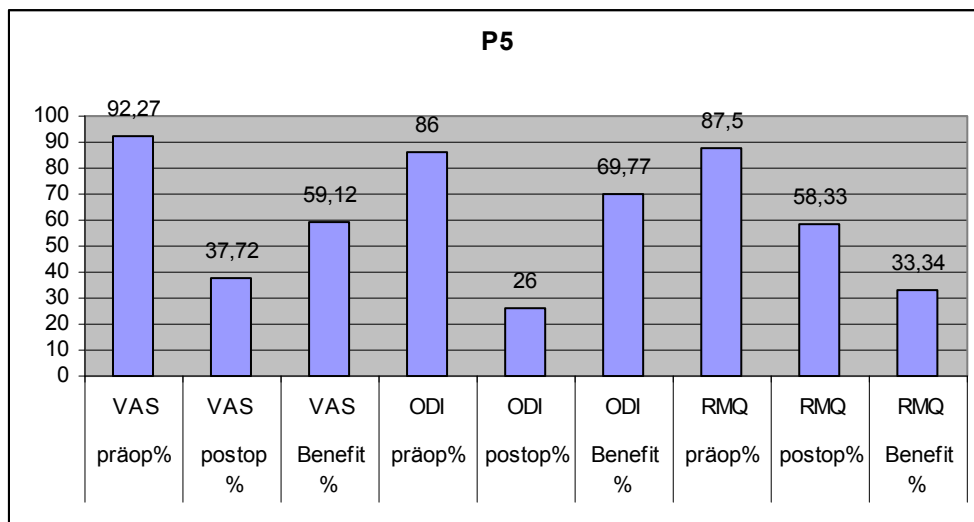
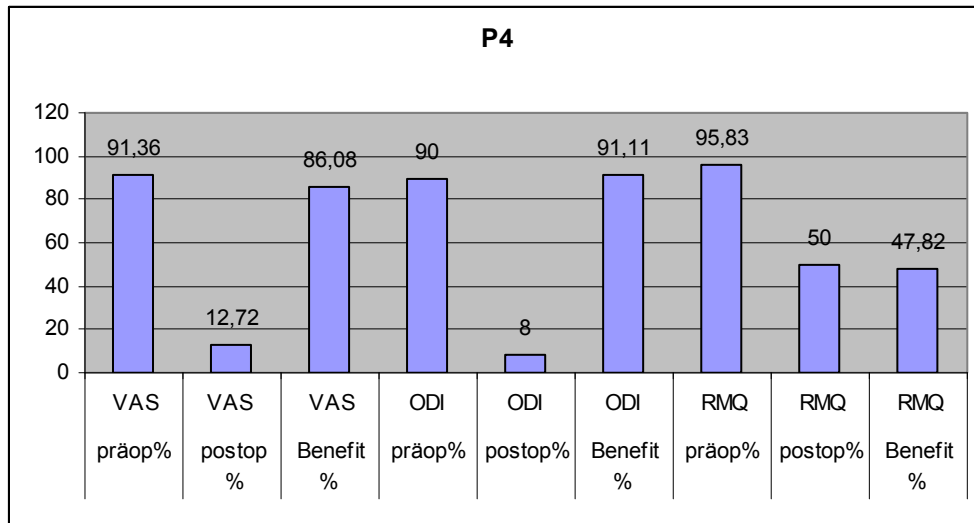


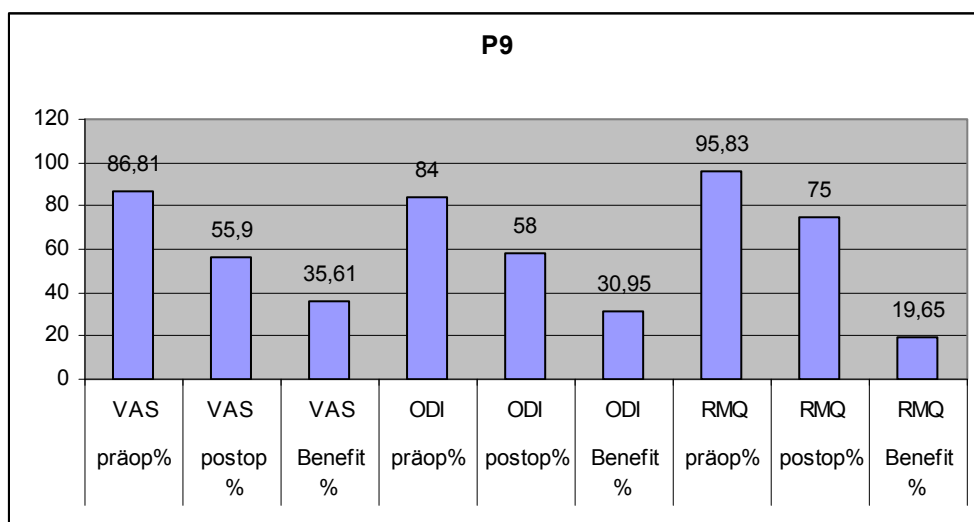
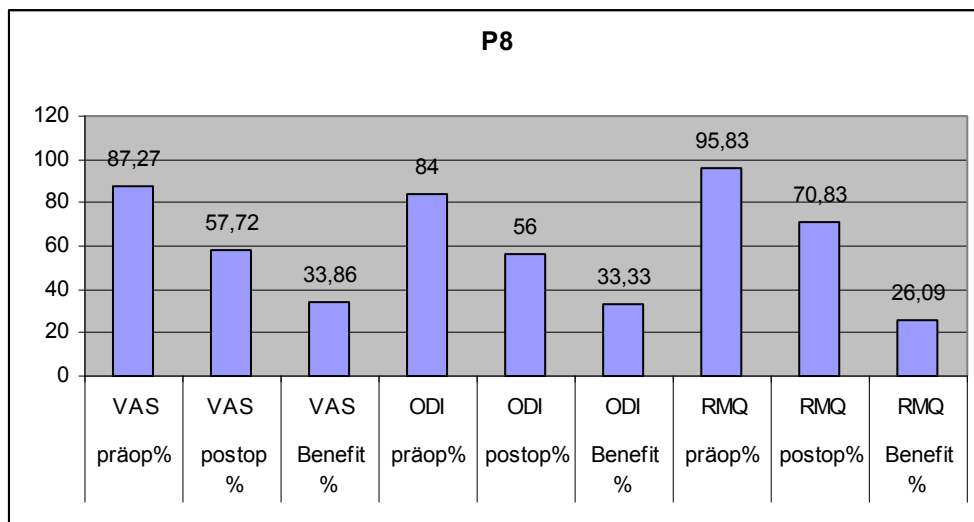
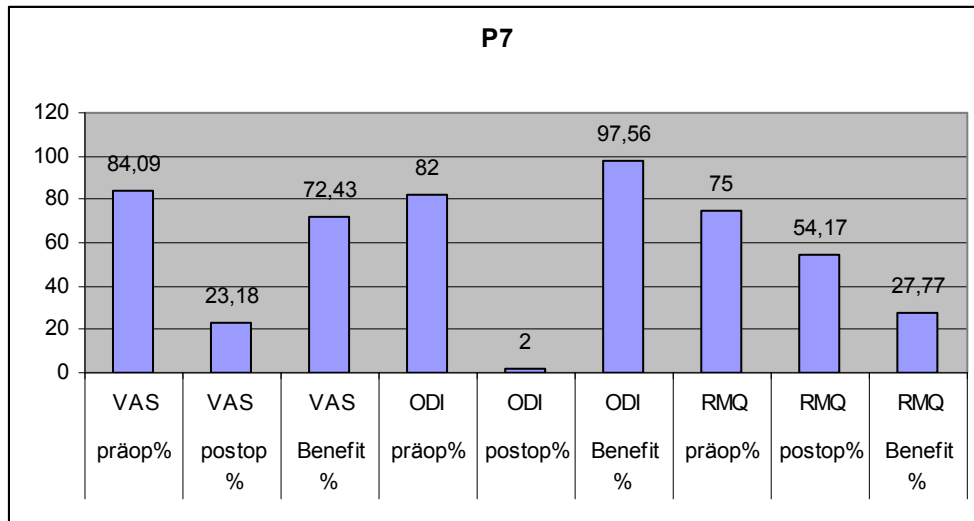
Ohne 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 Stark

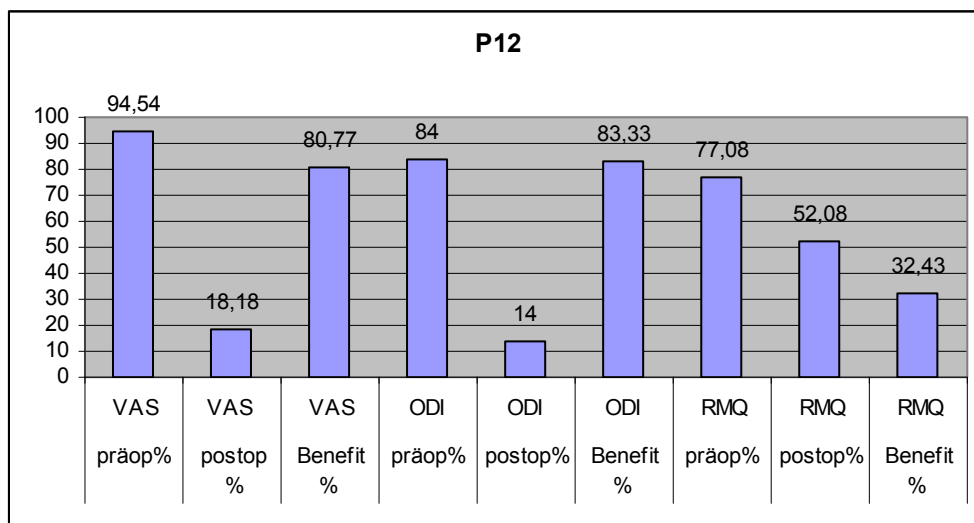
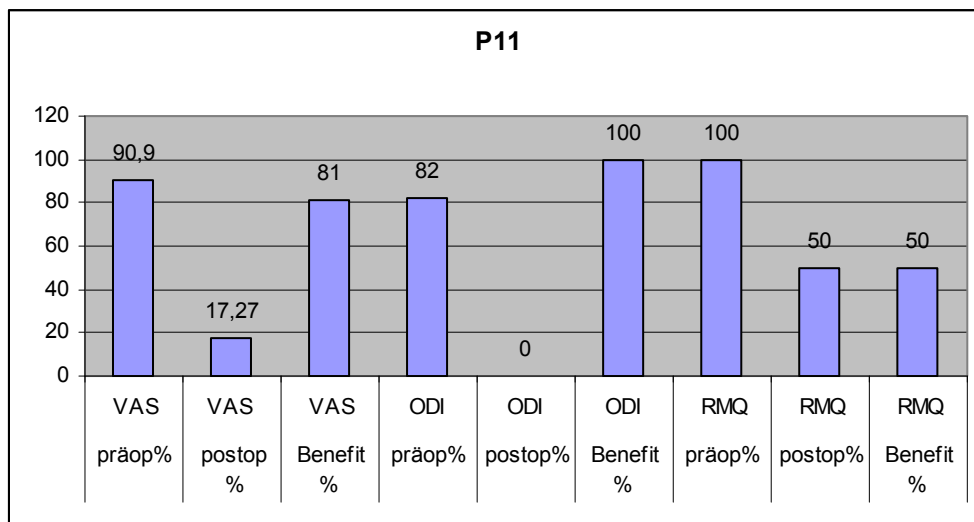
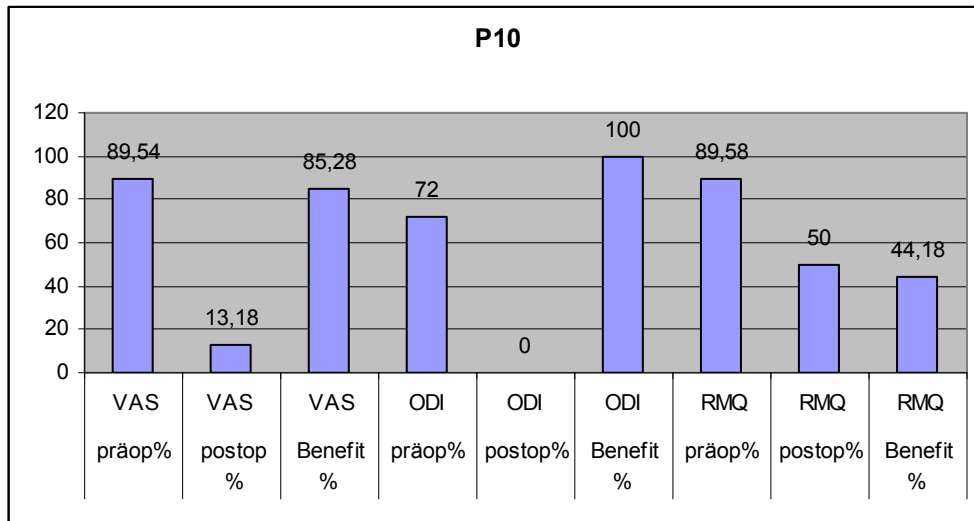


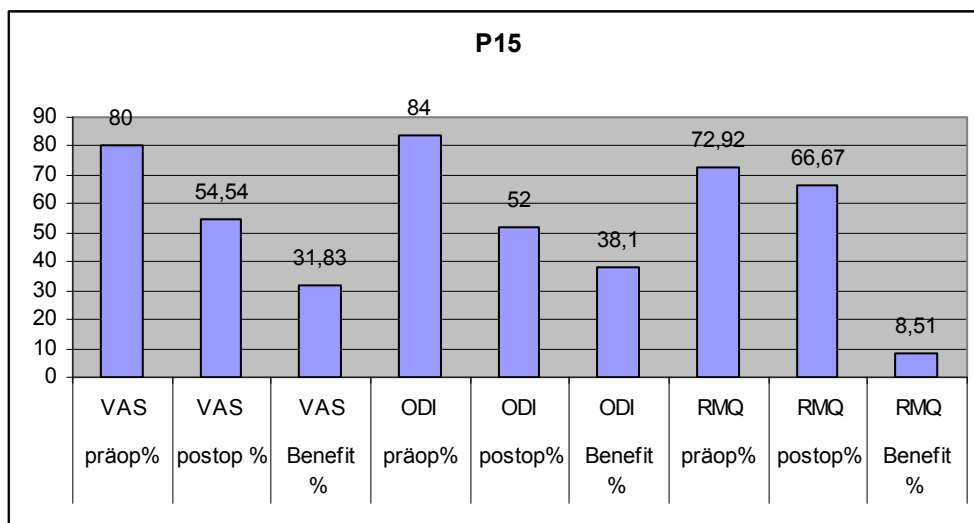
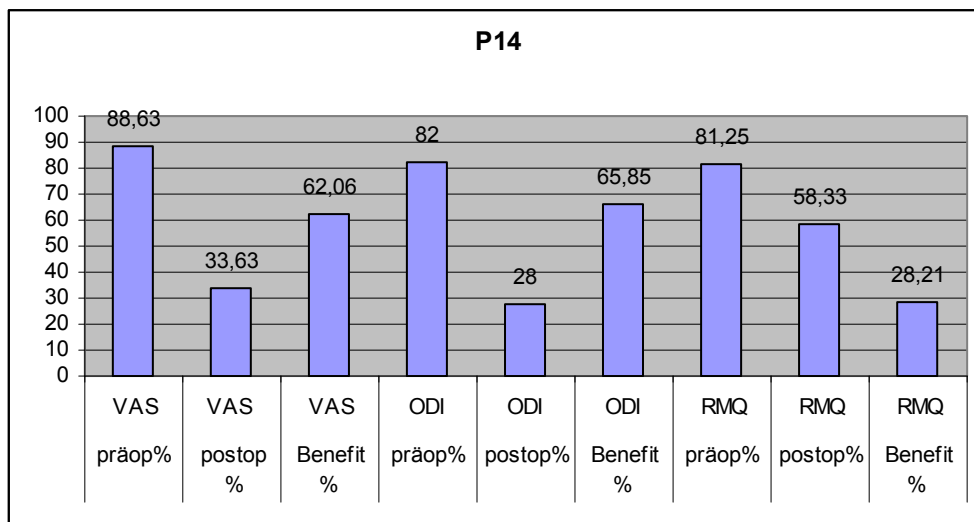
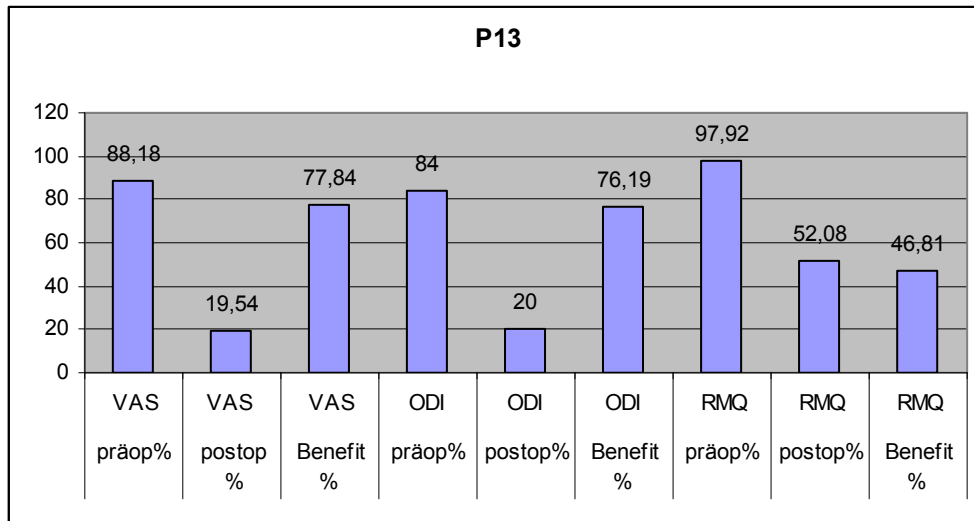
11.2 Diagramme: VAS/ODI/RMQ pro Patient

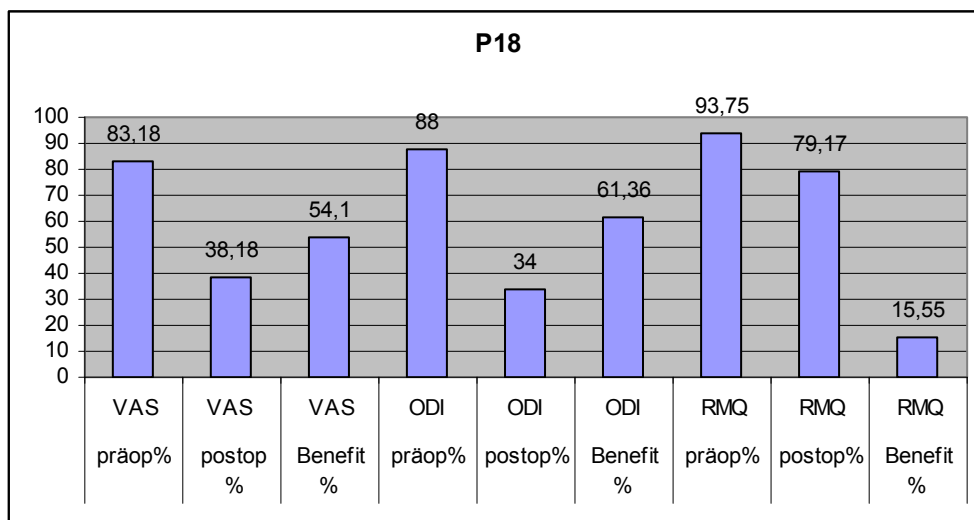
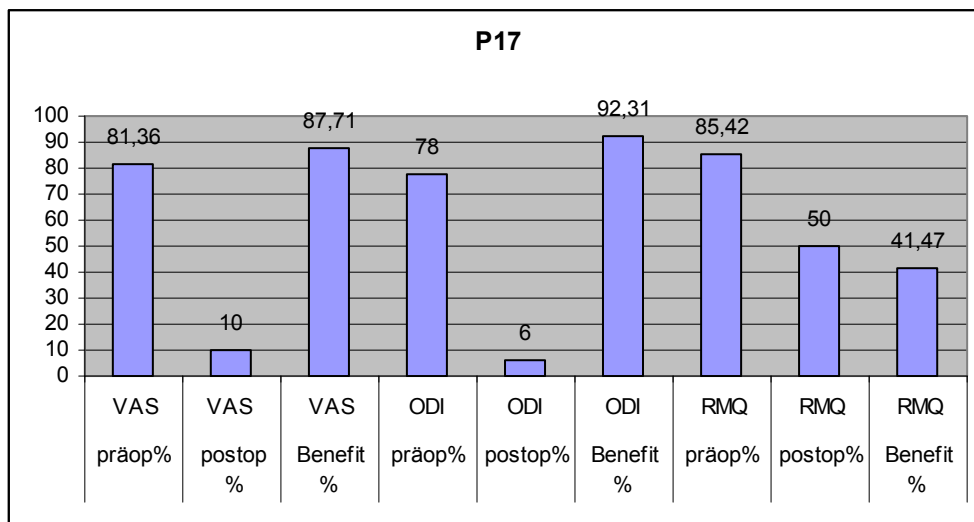
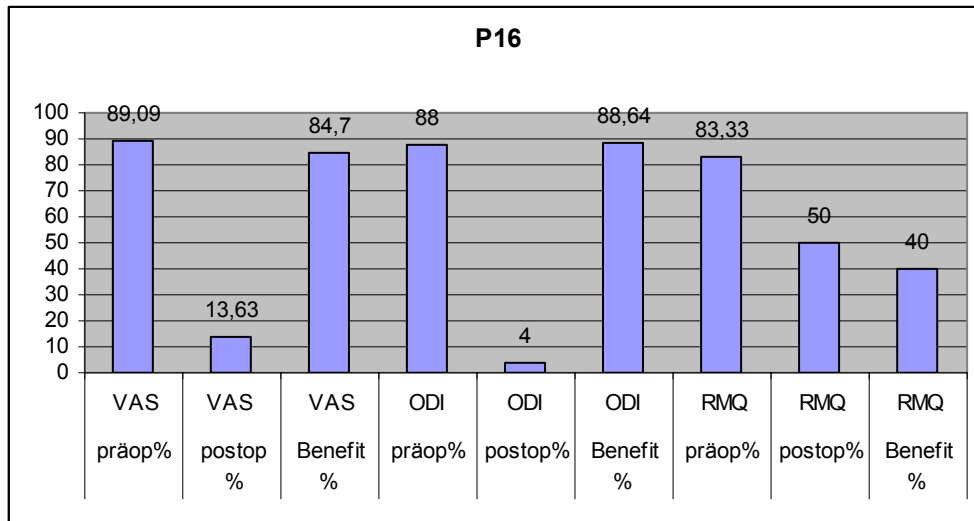


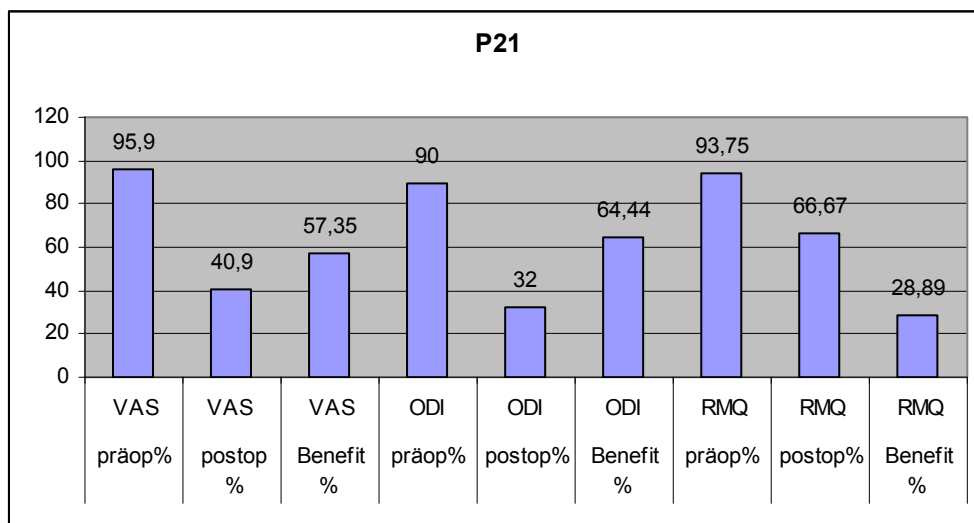
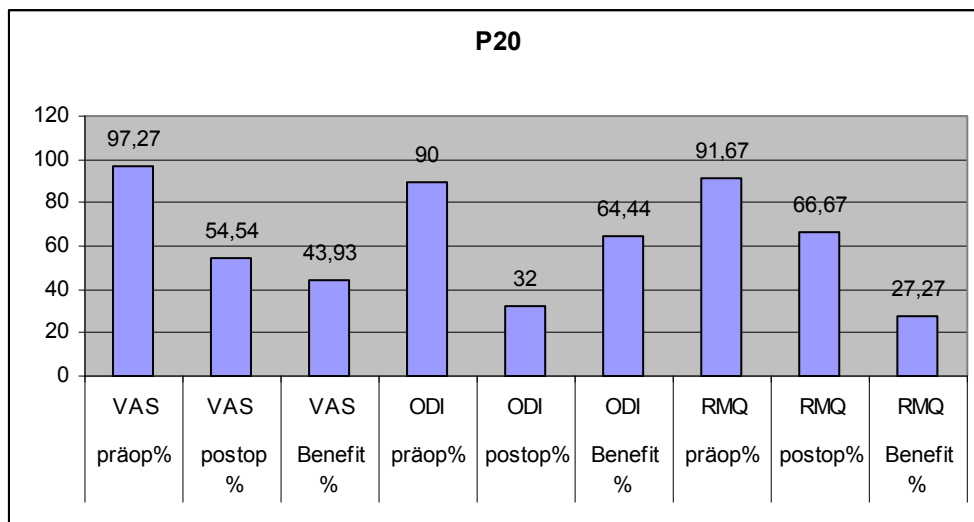
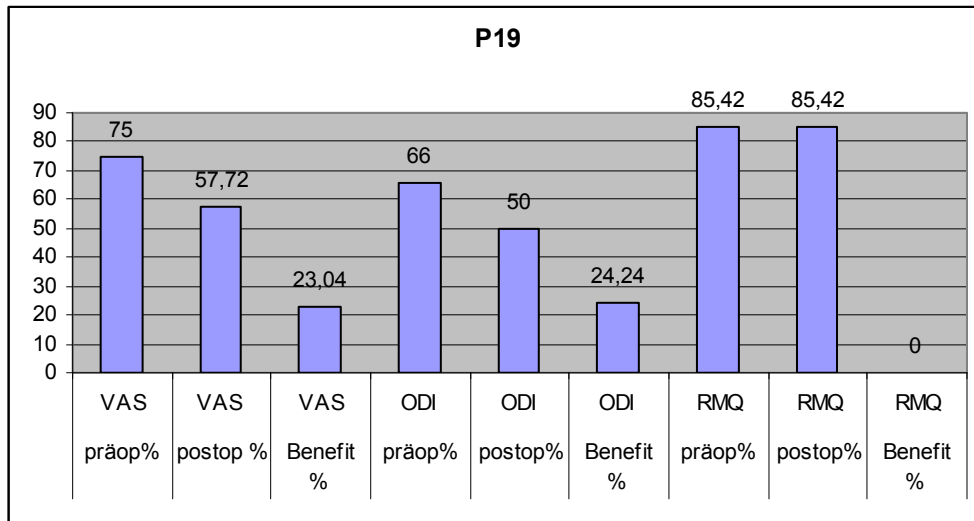


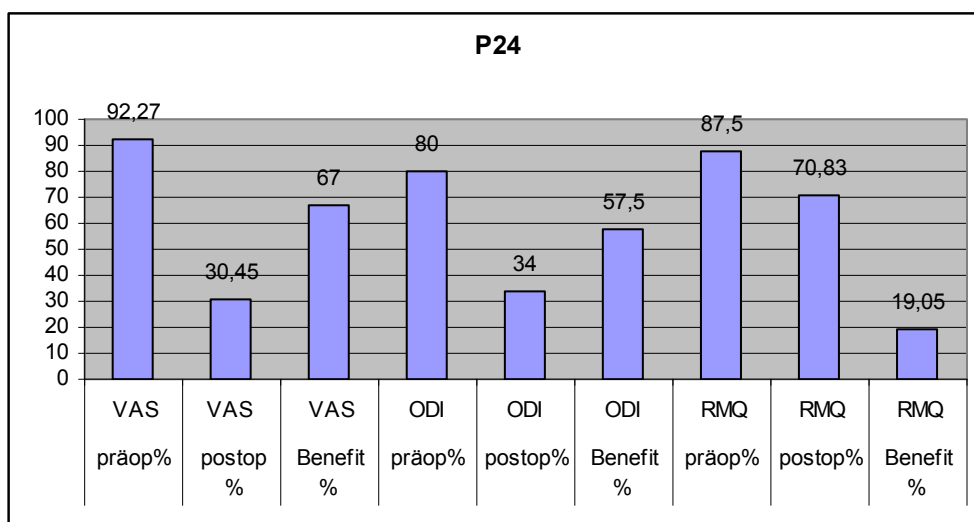
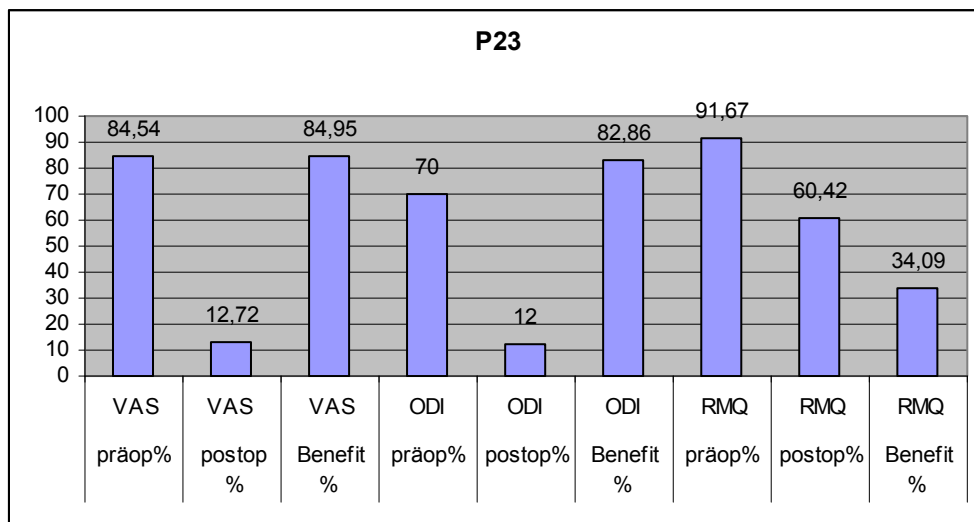
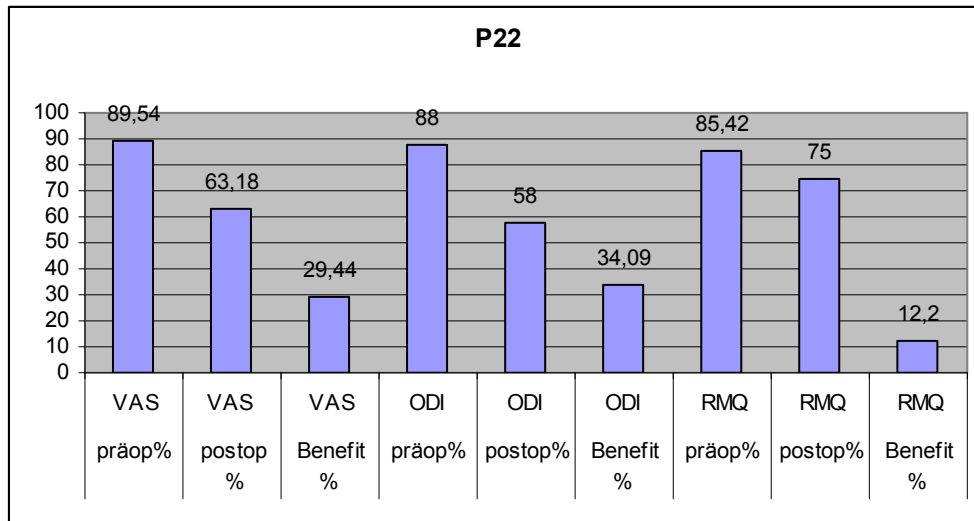


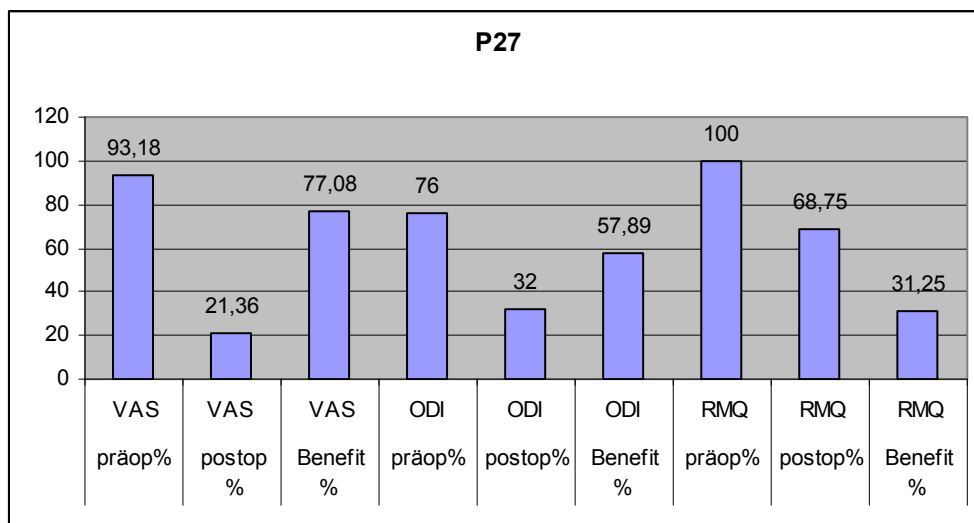
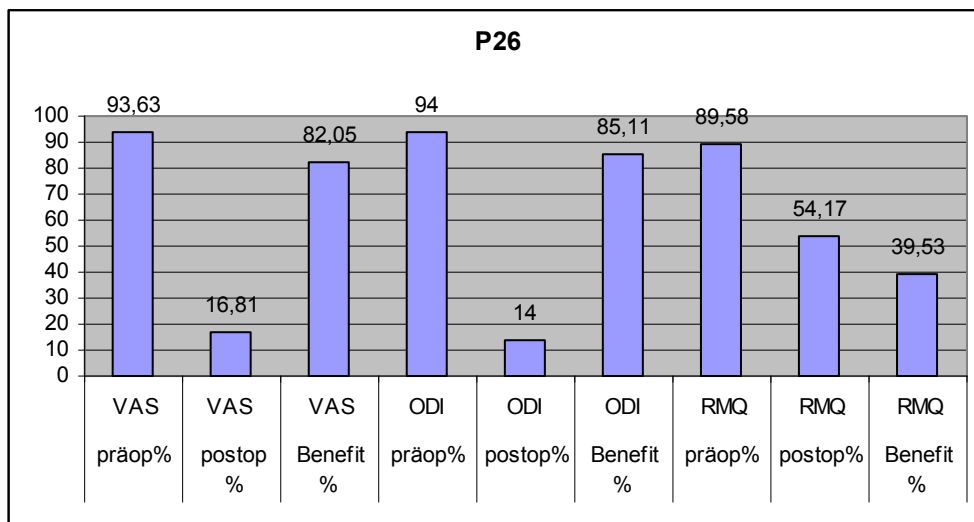
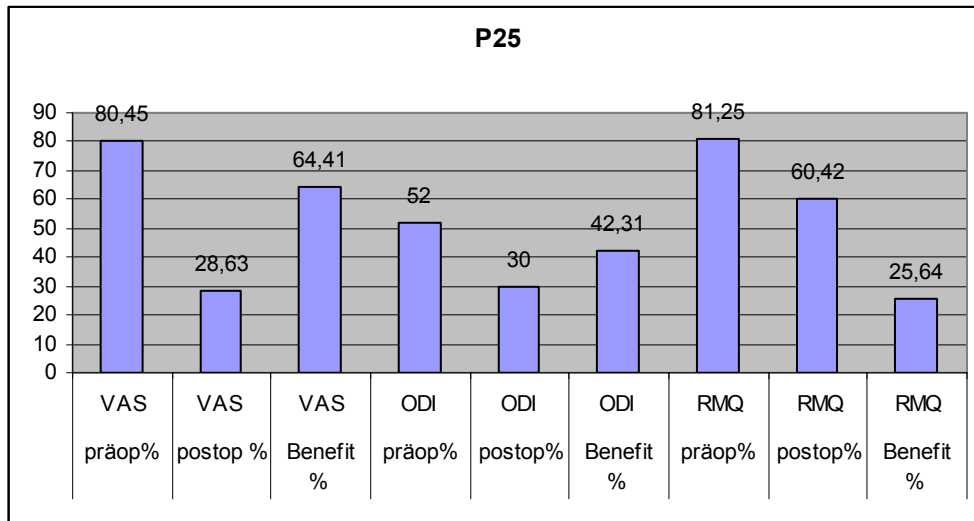


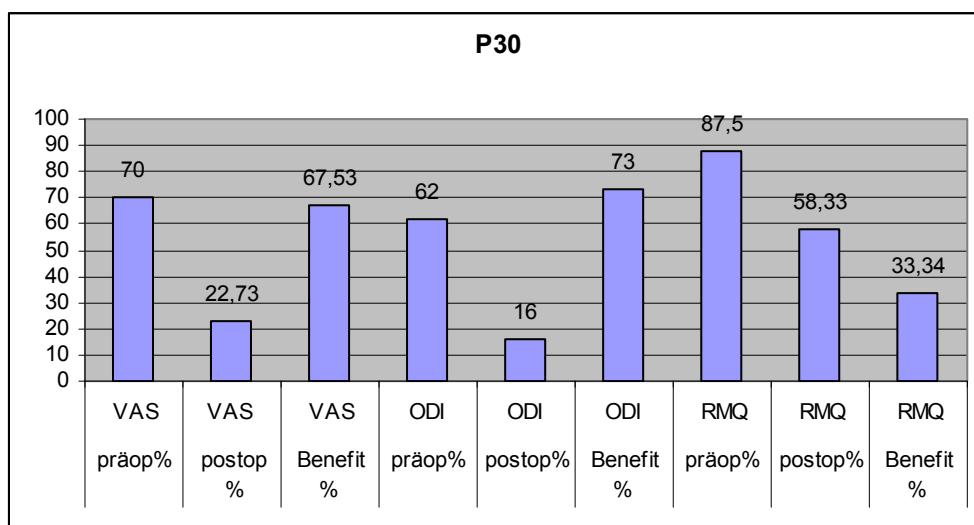
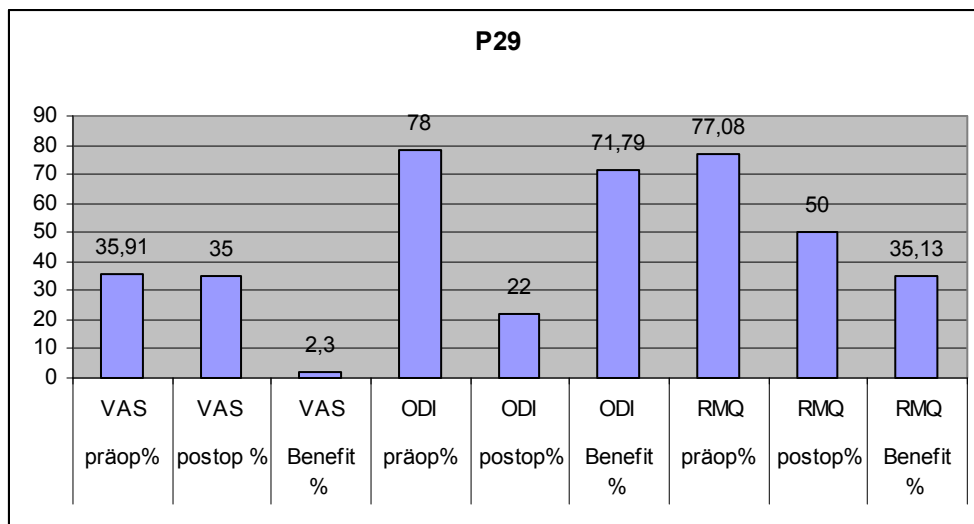
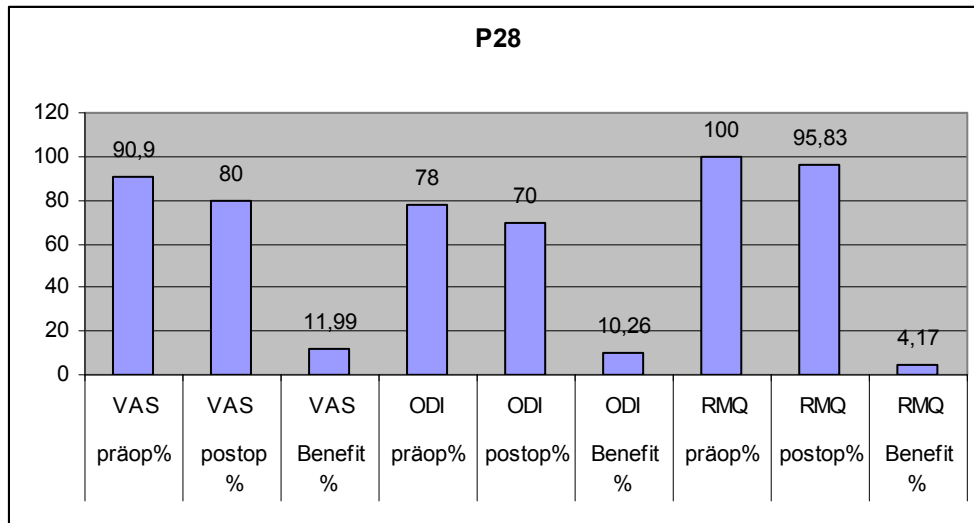












11.3 Abkürzungen

BMD	Bone mineral density Knochendichte
ODI	Oswestry disability index Siehe Anhang Seite 129
RMQ	Roland-Morris back pain disability Questionnaire Siehe Anhang Seite 134
VAS	Visual analogue scale Siehe Anhang Seite 139
CT	Computertomographie
MRT	Kernspintomographie
BWK	Brustwirbelkörper
LWK	Lendenwirbelkörper
BWS	Brustwirbelsäule
LWS	Lendenwirbelsäule

12 Lebenslauf

Persönliche Daten:

Geburtsdatum 28.08.1957
Geburtsort Passau
Familienstand verheiratet mit Ulrike Hierl, geb. Zormaier
Apothekerin, zwei Kinder: Maximilian und
Theresa

Ausbildung:

1963-1969 Volksschule Kellberg
1969-1978 Maristen Gymnasium Fürstenzell
1978-1979 Studium Maschinenwesen TU München
1979-1981 Bundeswehrdienst
1981-1985 Studium Maschinenwesen TU München
1985-1992 Studium Humanmedizin LMU München
1992-1999 Allgemeinchirurgische Ausbildung
III-Orden München-Nymphenburg
2000-2006 Unfallchirurgische Ausbildung Krankenhaus
München Schwabing
10/2006-1/2007 Unfallchirurgie Klinikum Deggendorf
Seit 1/2007 Unfallchirurgie und Orthopädie Krankenhaus
München Schwabing