

Medizinische Fakultät der Universität Regensburg

(Professor Dr. med. Bernd Füchtmeier)

Aus dem Krankenhaus der Barmherzigen Brüder Regensburg

Akademisches Lehrkrankenhaus der Universitätsklinik Regensburg

Klinik für Unfallchirurgie, Orthopädie und Sportmedizin

# **Klinisch-funktionelles Outcome nach dorsoventralen Wirbelsäulenspondylodesen unter Verwendung von Titan Cages und corticospongiösen Spänen.**

Inaugural-Dissertation

Zur Erlangung des Doktorgrades der Medizin

(Dr. med.)

Vorgelegt

der Medizinischen Fakultät

der Universität Regensburg

vorgelegt von

Thomas Maximilian Skrebsky geb. am 10.02.1972 in Kelheim

Dekan: Prof. Dr. Bernhard Weber

Referent: Prof. Dr. med. Bernd Füchtmeier

Koreferent: Prof. Dr. med. Dr. h.c. Pompiliu Piso

Tag der mündlichen Prüfung: 08.Mai 2012

# Inhaltsverzeichnis

<b>1. Einleitung .....</b>	<b>1-16</b>
1.1 Anatomie der Wirbelsäule.....	1-8
1.1.1 Allgemeines.....	1
1.1.2 Knöcherner und diskaler Elemente der Wirbelsäule.....	2
1.1.3 Ligamentäre Strukturen der Wirbelsäule .....	4
1.1.4 Muskulatur.....	5
1.1.5 Funktionelle Betrachtung.....	7
1.1.6 Biomechanische Überlegung .....	8
1.2 Rückenschmerzen .....	8-10
1.2.1 Allgemeine Bemerkungen .....	8
1.2.2 Pathogenese der Rückenschmerzen .....	9
1.2.2.1 Degeneration der Wirbelsäule .....	9
1.2.2.2 Neurogene Ursachen .....	9
1.2.2.3 Posttraumatische Ursachen .....	10
1.3 Spondylodese .....	11-13
1.3.1 Dorsale Fusionsverfahren .....	11
1.3.2 Posterolaterale Fusionsverfahren .....	11
1.3.3 Intervertebrale Fusionsverfahren .....	12
1.3.4 Postoperative Immobilisation .....	13
1.4 Instrumentelle Stabilisierung der Wirbelsäule .....	14-15
1.4.1 Geschichtliche Entwicklung.....	14
1.4.2 Pedikelschraubeninstrumentierung .....	15
1.5 Zielsetzung der Arbeit.....	16
<b>2. Material und Methoden.....</b>	<b>17-38</b>
2.1 Patientengut.....	17
2.2 Operationsmethode .....	18-27
2.2.1 Offene dorsale Stabilisierung .....	18
2.2.2 Minimalinvasive dorsale Stabilisierung.....	21
2.2.3 Ventrale Fusion der BWS und des BWS-LWS-Überganges .....	25
2.2.4 Ventrale Fusion der LWS .....	26

2.3 Patientennachuntersuchung .....	28-38
2.3.1 Fragebögen.....	28
2.3.1.1 VAS-Wirbelsäulenscore .....	28
2.3.2.2 Modified Oswestry Low Back Pain Index (ODI) .....	29
2.3.3 Körperliche Untersuchung.....	30-34
2.3.3.1 Seitwärtsneigung.....	31
2.3.3.2 Seitwärtsdrehen .....	31
2.3.3.3 Liege-Jugulumabstand .....	32
2.3.3.4 Aktives Aufrichten aus der Rückenlage .....	32
2.3.3.5 Schoberzeichen .....	33
2.3.3.6 Ott-Zeichen .....	34
2.3.3.7 Finger-Boden-Abstand .....	34
2.3.4 Röntgenuntersuchung.....	34-38
<b>3. Ergebnisse .....</b>	<b>39-63</b>
3.1 VAS-Wirbelsäulenscore .....	39
3.2 Modified Oswestry Low Back Pain Index (ODI) .....	46
3.3 Neutral-Null-Methode.....	59-62
3.3.1 Seitwärtsneigung .....	59
3.3.2 Seitwärtsdrehen.....	59
3.3.3 Liege-Jugulumabstand.....	60
3.3.4 Aktives Aufrichten aus der Rückenlage .....	61
3.3.5 Finger-Boden-Abstand.....	61
3.3.6 Ott-Zeichen .....	62
3.3.7 Schober-Zeichen .....	62
3.4 Radiologisches Ergebnis .....	63
<b>4. Diskussion.....</b>	<b>64-72</b>
<b>5. Zusammenfassung.....</b>	<b>73-74</b>
<b>6. Literaturverzeichnis.....</b>	<b>75-88</b>
<b>7. Fallbeispiele .....</b>	<b>89-90</b>

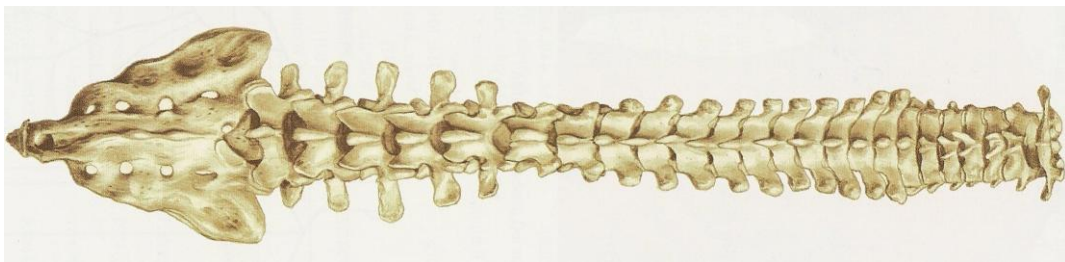
<b>8. Anhang .....</b>	<b>91-96</b>
8.1 VAS-Wirbelsäule.....	91
8.2 Modified Oswestry Low Back Pain Disability Questionnaire - Deutsch ....	93

# 1. Einleitung

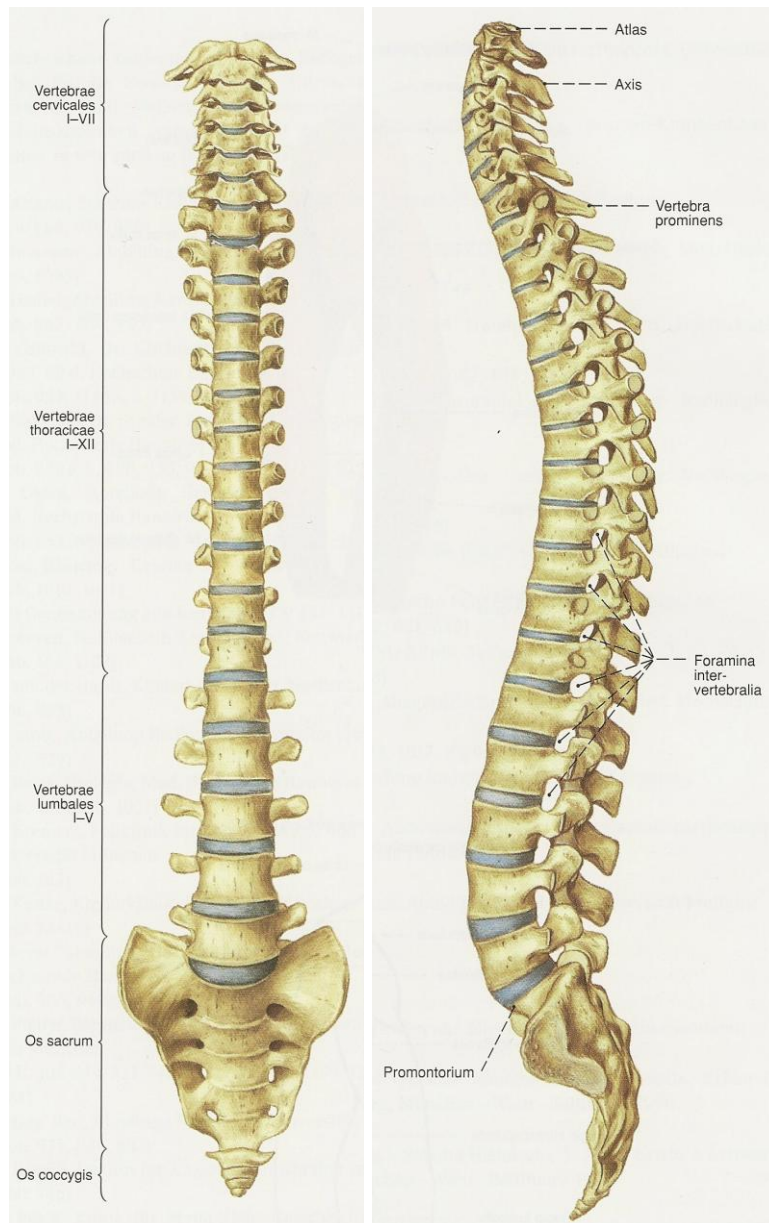
## 1.1 Anatomie der Wirbelsäule

### 1.1.1 Allgemeines

Die menschliche Wirbelsäule ist aus einzelnen Segmenten aufgebaut, besitzt in der Sagittalebene eine doppelte S-Form und besteht aus 24 präsakralen Wirbeln zuzüglich zu den verknöcherten Wirbeln von Steißbein und Kreuzbein. Sie ist der größte und wichtigste Anteil des menschlichen Achsenskeletts. Sie dient sowohl der Bewegung des Rumpfes, als auch dem Schutz des Rückenmarks und der davon abgehenden Nervenwurzeln. Die Halswirbelsäule ist im Bereich vom 1. bis zum 6. Wirbel lordotisch gekrümmt, vom 6. Halswirbel bis zum 9. Brustwirbel kyphotisch, vom 9. Brustwirbel bis zum 5. Lendenwirbel wieder lordotisch und an Kreuz- und Steißbein erneut kyphotisch gekrümmt. Die Halswirbelsäule besteht aus 7 einzelnen Wirbeln, die Brustwirbelsäule aus 12, die Lendenwirbelsäule aus 5, das Kreuzbein aus 5 und das Steißbein aus 4 Wirbeln (Frick H 1992). Normvarianten von diesen Zahlen finden sich vor allem an der Lendenwirbelsäule. Von einer Lumbalisation spricht man z.B. falls 6 Wirbelkörper vorliegen, falls nur 4 Lendenwirbelkörper vorhanden sind spricht man hingegen von einer Sakralisation.



(Sobotta, 2000)



(Sobotta, 2000)

### 1.1.2 Knöcherne und diskale Elemente der Wirbelsäule

Jeder einzelne Wirbel besteht zum einen aus einem Wirbelkörper, der aus corticospongiösem Knochen aufgebaut ist und zum anderen aus einem Wirbelbogen der über die sog. Pedikel, dies sind die beiden Bogenwurzeln, mit dem Wirbelkörper verbunden ist. Diese genannten Strukturen umschließen das Foramen vertebrale, ein im Querschnitt in etwa wie ein Dreieck wirkendes Wirbelloch. Die genannten Pedikel

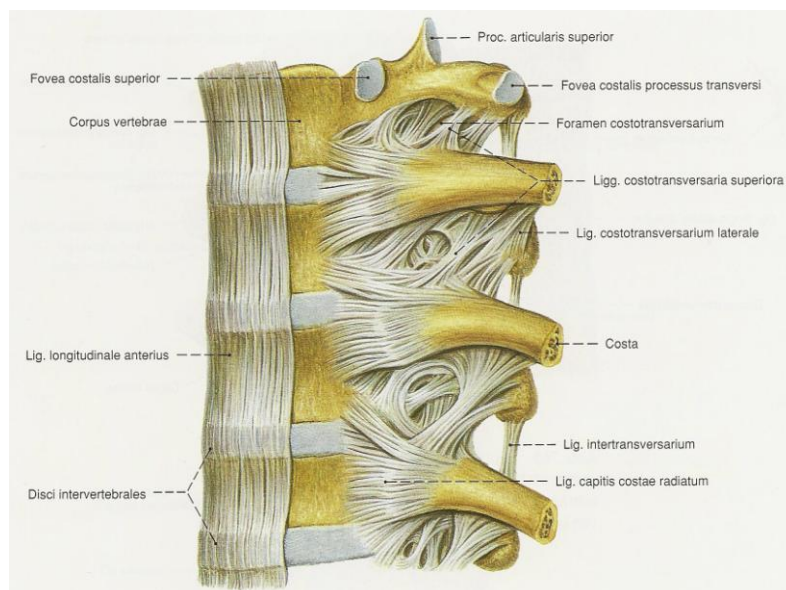
entspringen im oberen Anteil des Wirbelkörpers und bilden die obere Grenze der sich anschließenden Neuroforamen.

Des Weiteren bestehen die Wirbelbögen aus dem Processus transversi bzw. dem Processus costalis, den paarigen Querfortsätzen. Außerdem aus den Processus articularis superiores et inferiores, den oberen unteren Gelenkfortsätzen sowie dem Processus spinosus, dem Dornfortsatz.

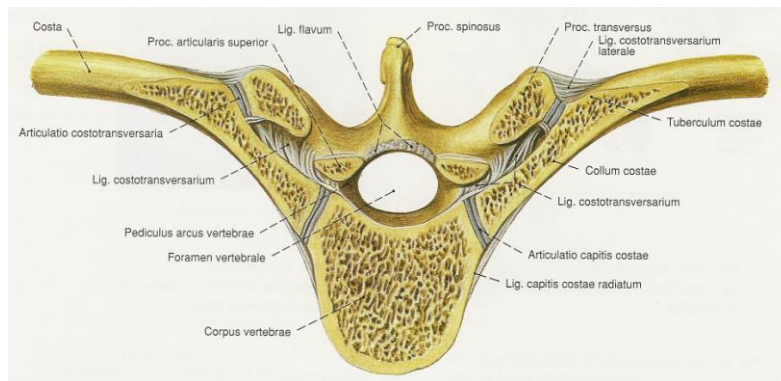
An der Lendenwirbelsäule schließlich kommen noch Processus mamillaris und die Tubercula accesoria hinzu.

Die einzelnen Wirbel sind untereinander mit je 3 Gelenken und Bandstrukturen verbunden. Zwischen den Wirbelkörpern liegen ventral die Disci intervertebrales, die Bandscheiben. Diese bestehen aus einem Anulus fibrosus, dem faserknorpeligen Ring und dem Nucleus pulposus, dem innenliegenden gallertartig aufgebauten Kern.

Diese Disci intervertebrales, dienen zum einen der Kompensation und Abpufferung von axialen Kräften als auch der Vermeidung von Rotations- und Zugkräften. Sie sind größtenteils gefäßlos und werden per Diffusionen über die Wirbelkörperendplatten ernährt. Weiter nach dorsal liegen jeweils links und rechts der Mittellinie die Facettengelenke, die sogenannten Articulationes zygapophysiales über die die zwei benachbarten Wirbelkörper artikulieren.



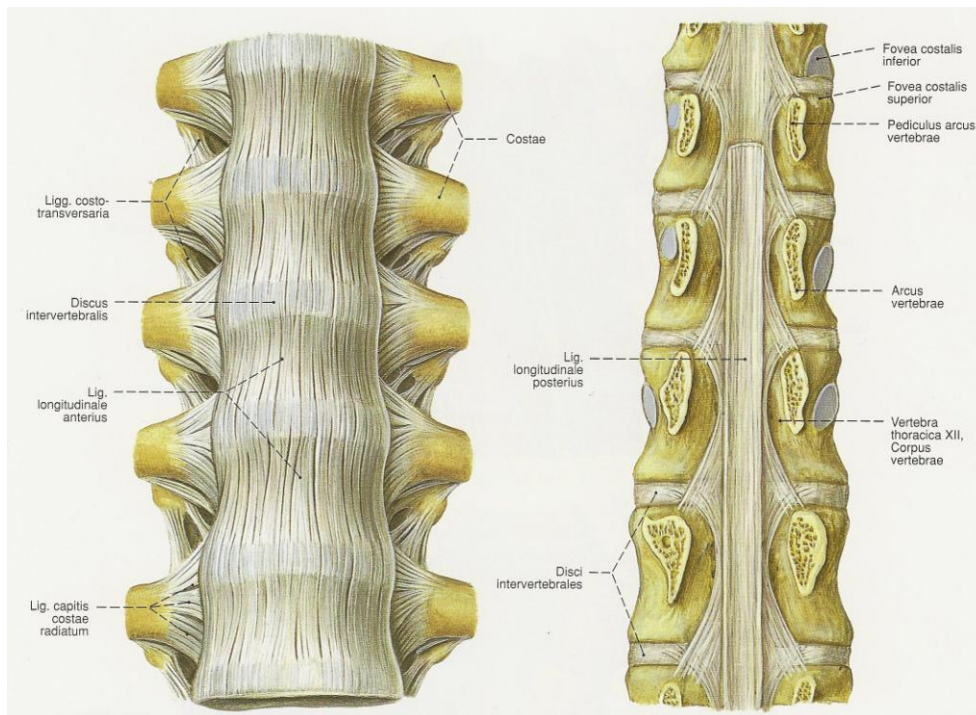
(Sobotta, 2000)



(Sobotta, 2000)

### 1.1.3 Ligamentäre Strukturen der Wirbelsäule

Neben den aufgezählten gelenkbildenden Strukturen sind die verschiedenen Wirbel über Ligamente miteinander verbunden. Auf der Wirbelkörpervorderfläche liegt vorne das Ligamentum longitudinale anterius auf. Es ist an dieser Stelle fest mit den einzelnen Wirbeln verwachsen. Entsprechend verläuft an der Hinterfläche der Wirbelkörper das Ligamentum longitudinale posterius. Dieses ist jedoch jeweils nur am Angulus fibrosus der Bandscheibe fixiert. Beide Bänder beginnen am Clivus bzw. am Tuberculum anterius atlantis und Os occipitale, der Schädelbasis, und erstreckt sich über die gesamte Wirbelsäule bis hinunter auf die Vorder- bzw. Rückfläche des Kreuzbeines. Die weiter dorsal liegenden Strukturen der Wirbel sind über die Ligamenta flava und intertransversaria im Bereich der Wirbelbögen sowie über die Ligamenti interspinalia an den Processus spinosi miteinander verspannt. Von der Protuberantia des Occiput bis zum Processus spinosus des 7. Halswirbels verläuft zusätzlich das Ligamentum nuchae und vom 7. Halswirbels über die gesamte Brustwirbelsäule bis hin zu den Spitzen des Processus spinosus des 4. Lendenwirbels verläuft das Ligamentum supraspinale. Diese beiden Bandstrukturen wirken einer übermäßigen Ventralflexion der Wirbelsäule entgegen.



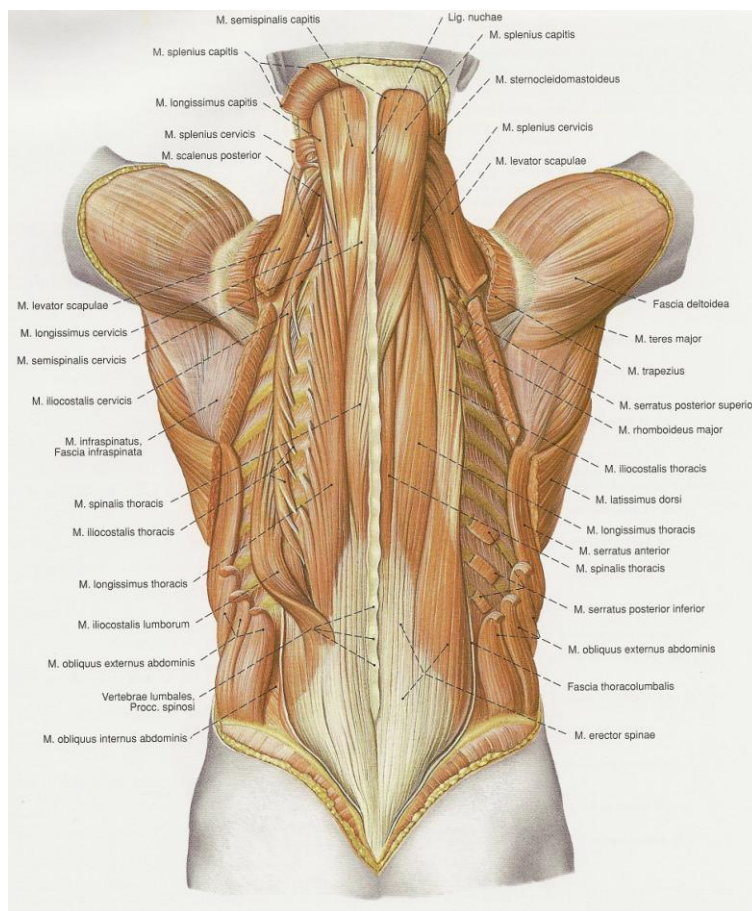
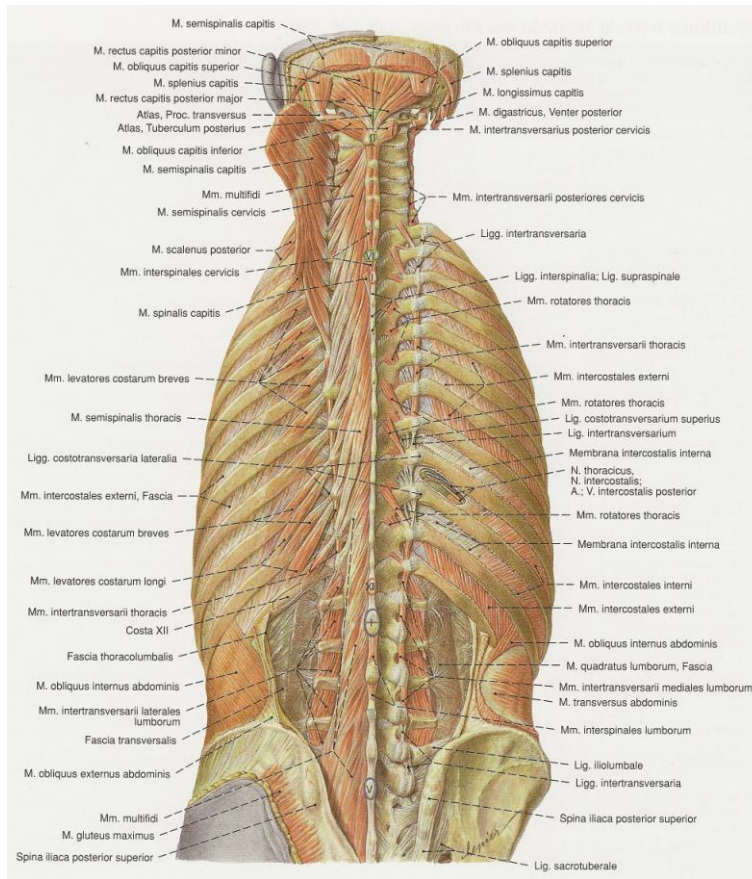
(Sobotta, 2000)

#### 1.1.4 Muskulatur

Die menschliche Wirbelsäule verfügt über ein umfangreiches an den Wirbeln ansetzendes System von Muskel, die die aktiven Bewegungen der Wirbelsäule steuern. Die Gesamtheit der Streckmuskulatur besteht aus vielen verschiedenen Anteilen die jeweils auf einen bestimmten Wirbelsäulenbereich in Ihrer Wirkung beschränkt sind.

Man unterscheidet drei verschiedene Schichten, die jeweils aus drei Muskeln bestehen. Die oberflächliche Schicht wird durch die Musculi splenius longissimi und iliocostalis gebildet. Die mittlere Schicht setzt sich aus den Musculi multifidii, dem semispinalis und dem levatores costae zusammen. Die tiefe Schicht schließlich wird gebildet durch die Musculi intertransversi, interspinalis und rotatores.

Dem gegenüber wirkt die Bauchdeckenmuskulatur ebenso flektorisch wie auch die Musculi iliopsoas quadratus und lumborum.



(Sobotta, 2000)

### 1.1.5 Funktionelle Betrachtung

Nach Junghans wird als FSU (Functional Spinal Unit) oder als kleinste funktionelle Einheit der Wirbelsäule das Bewegungssegment gesehen, welches aus zwei Wirbeln, den sie verbindenden drei Gelenken und den gelenkumgebenden Weichteilen sowie der Gelenkkapsel besteht (Junghans H 1951). Diese paarig angelegten Facettengelenke bilden den Drehpunkt für die Bewegung zwischen den ventral gelegenen Wirbelkörpern und den dorsal gelegenen Anteilen des Wirbels (Processus spinosi sowie transversi und Ligamenti). Das Bewegungsausmaß jedes einzelnen Gelenkes ist nur sehr gering. Nichts desto trotz ermöglicht die Summe dieser kleinen Bewegungsausmaße in ihrer Gesamtheit beträchtliche Bewegungen in nahezu allen Ebenen, besonders jedoch in der Frontalebene.

Die Bewegungen sind je nach Stellung der Gelenkfläche der Facettengelenke im Raum begünstigt und einzelnen Wirbelsäulenabschnitten zuordenbar.

An der Halswirbelsäule sind die Gelenkflächen nur sehr gering zur Horizontalebene geneigt, so dass hier Bewegungen in nahezu alle Richtungen möglich sind. Eine Ausnahme bilden die speziell konfigurierten Kopfgelenke. An der Brustwirbelsäule erlauben die Gelenkflächen vor allem eine Ventralflexion und eine Seitneigung, da sie nahezu frontal in einer von ventrocranial nach dorsocaudal verlaufenden Ebene stehen. Die Dorsalextension wird mechanisch durch die Dornfortsätze der einzelnen Brustwirbel begrenzt. Lediglich im unteren Bereich der Brustwirbelsäule sind Rotationsbewegungen möglich. An der Lendenwirbelsäule ist aufgrund der Stellung der Gelenkflächen, die nahezu sagittal angeordnet sind, lediglich eine begrenzte Seitneigung bei einer ausgedehnten Extensions- und Flexionsbewegung um die quere Achse möglich. Rotationsbewegungen sind an der Lendenwirbelsäule hingegen kaum möglich.

## 1.1.6 Biomechanische Überlegungen

Die auf die Wirbelsäule einwirkende Druck-, Scher-, Biege- und Torsionskräften werden von den einzelnen Bewegungssegmenten, die ihrer Summe als funktionelle Einheit wirken, aufgenommen. Hierbei werden diese Kräfte sowohl durch die knöchernen als auch die diskalen und ligamentären Strukturen und vor allem durch die ansetzenden Muskeln kompensiert.

Den Muskeln der Wirbelsäule kommt hierbei als einzig aktives Element eine zuggurtende Wirkung des sog. „Tension-band“-Systems zu (Kummer B 1991). Die Wirbelsäule kann biomechanisch in einen vorderen und einen hinteren Abschnitt unterteilt werden, wobei der vordere Abschnitt zu einem aus den Wirbelkörpern und zum anderen aus den Bandscheiben besteht. Der hintere Abschnitt besteht aus den Wirbelbögen, den Facettengelenken und den sie verbindenden Ligamenten. Da die Achse des Körperschwerpunktes vor der Wirbelsäule liegt wird der vordere Anteil der Wirbelsäule vor allem auf Druck und der hintere Anteil der Wirbelsäule vermehrt auf Zug belastet. Entsprechend dem „load-sharing“-Prinzip (Kummer B 1991, Harms J 1995) wird bei einer rein axial einwirkenden Kraft die Last von den dorsal angreifenden Musculi erector spinales so transformiert, dass nur 20% als horizontale Scherkraft auf das Bewegungssegment wirkt und 80% als ventrale Kompressionskraft.

## 1.2. Rückenschmerzen

### 1.2.1 allgemeine Bemerkungen

Bei epidemiologischen Untersuchungen ergab sich, dass 70% aller Menschen im Laufe ihres Lebens zumindest einmal an Rückenschmerzen leiden (Steblic 1995).

Als Risikofaktoren für die Entstehung von Rückenschmerzen durch degenerative Veränderungen gelten vor allem das wiederholte Heben von schweren Lasten bzw. das chronische Einwirken von Vibrationskräften auf die Wirbelsäule (Frymoyer JW 1980, Brinkmann P 1990). Als besonders ungünstig wird hierbei angesehen wenn bei stehender Haltung und zusätzlich einer Rumpfbeugung um 30% nach vorne mit ausgestreckten Armen Lasten angehoben werden (Schulz A 1982). Eine signifikante

Häufung von Rückenschmerzen zeigt sich auch bei Nikotinabusus (Frymoyer JW 1983). Von der Verteilung der Schmerzen entlang der Wirbelsäule ist die Lendenwirbelsäule mit Abstand am Häufigsten betroffen.

## 1.2.2 Pathogenese der Rückenschmerzen

### 1.2.2.1 Degeneration der Wirbelsäule

Bei den degenerativen Veränderungen an den Gelenken wird als rein mechanische Ursache eine Dehnung der Kapsel der Facettengelenke, radikuläre Mikrofrakturen und eine intraossäre Druckerhöhung sowie der mechanische Druck auf freiliegende subchondralen Knochen angegeben. Darüber hinaus kann eine Synovitis aufgrund einer Arthrose der Gelenke ebenfalls zu Rückenschmerzen führen. Bei all den genannten Veränderungen werden in den oberflächlichen Schichten des Angulus fibrosus und auch im Ligamentum longitudinale posterius gelegenen Nozizeptoren stimuliert. Diese Stimulation wird als Aktionspotentiale über c- und a-delta-Fasern über das Rückenmark den kontralateralen Traktus spinothalamicus und dem Thalamus zum Gyrus postcentralis fortgeleitet, indem sich der somatosensorische Cortex des menschlichen Gehirns befindet. Joshizawa konnte nachweisen dass bei gesunden Bandscheiben nur in den äußersten Schichten der Faserringe eine große Anzahl von freien Nervenendigungen vorhanden ist. Bei geschädigten Bandscheiben konnten solche Nervenendigungen jedoch bis zu Hälfte der Dicke des Angulus fibrosus gefunden werden (Joshizawa 1980). Darüber hinaus wird in dem Bindegewebe, das durch diese Degeneration geschädigt und entzündlich verändert ist, verstärkt Mediatoren wie Prostaglandine, Histamin, Substanz P und Bradykinin freigesetzt, was zusätzlich zu einer Sensibilisierung der Schmerzfasern führt (Rang HP 1991).

### 1.2.2.2 Neurogene Ursachen

Die neurogenen Ursachen für Rückenschmerzen entstehen vor allem durch die Kompression der neuralen Strukturen (Nervenwurzeln und Spinalganglien). Diese Kompression wird in der Mehrzahl der Fälle durch vorgefallenes

Bandscheibengewebe, durch osteophytäre Anbauten oder durch Bindegewebe bei Spinalkanalstenosen hervorgerufen. Während Nervenwurzeln nur im irritierten und entzündeten Zustand drucksensibel sind, reagieren Spinalganglien ohne Pathologien schon mit vermehrter Aktivität auf Druck. Somit führt die Kompression einzelner Nervenwurzeln aufgrund der radikulären Symptomatik zu Hypästhesien und Schmerzen in dem von der entsprechenden Nervenwurzel versorgten Dermatom. Zusätzlich treten Paresen von den nervenzuordenbaren Kennmuskeln auf. Diese Symptome können in ihrer vollen Ausprägung erscheinen oder auch nur teilweise und sind signifikant durch Extensionsbewegungen der Wirbelsäule besserbar. Konsequenterweise wird diese radikuläre Symptomatik durch Tests mit Zugbelastung auf den Nervus ischiadicus verstärkt.

### 1.2.2.3 Posttraumatische Ursachen

Als Folge von Traumen der Wirbelsäule und auch postoperativ kann es zu Fehlhaltungen der Wirbelsäule kommen im Sinne einer kyphotischen Fehlhaltung, sprich einer zu starken Knickbildung der Wirbelsäule nach ventral, als auch lordotischen oder skoliotischen Fehlstellungen im Sinne von Knickbildung der Wirbelsäule nach dorsal bzw. aus der Sagittalachse nach links oder rechts ausweichend. All diese Fehlstellungen der Wirbelsäule gehen zwangsläufig mit Fehlbelastungen der Wirbelsäule einher. Insbesondere die Zwischenwirbelgelenke sind von diesen Fehlbelastungen betroffen. Hieraus resultieren ebenfalls entweder direkte Kompression neuraler Strukturen oder aufgrund von osteophytären Anbauten. Diese Kompression bzw. Einengung führt ihrerseits dann erneut zu Entzündungen und Irritationen der Nervenwurzeln bzw. direkt zu Schmerzen aufgrund der drucksensiblen Spinalganglien. Zusätzlich führt die Fehlbelastung und Fehlhaltung zur reflektorischen Schonhaltung mit ggf. muskulären Verspannungen.

## 1.3 Spondylodese

### 1.3.1 dorsale Fusionsverfahren

Schon vor 100 Jahren gab es Versuche, die Wirbelsäule durch knöcherne Verbindungen zu stabilisieren (Hibbs RH 1911, Albee FH 1911). Damals war das Ziel jedoch, eine fortschreitende Wirbelsäulendeformität bei idiopathischen Skoliosen und bei Wirbelkörpertuberkulose zu verhindern. Seit dieser Zeit wurden die verschiedensten Techniken der dorsalen Spondylodese angewandt und ständig verbessert. Einige Techniken wurden für nahezu 50 Jahre beibehalten.

Für die Fusion der Wirbelkörper miteinander wurden autologe Knochenstreifen verwendet, die von den Laminae und dem Processus spinosi im Rahmen der Dekortikation gewonnen wurden.

Von Bosworth 1945 und Cleveland et al 1948 wurde dann später auch der ortsfremd gehobene, autologe Knochen eingesetzt (Bosworth D 1945 und Cleveland M 1948). Da das angelagerte Knochenmaterial relativ weit von der Rotationsachse in der frontalen Ebene entfernt war, lag ein Nachteil dieses Verfahrens in der biomechanisch ungünstigen Lokalisation des angelagerten Knochenmaterials.

Bei Flexions- und Extensionsbewegungen wirkten ständig ungünstige Druck- und Zugbelastungen auf das Transplantat.

### 1.3.2 Posterolaterale Fusionsverfahren

Im Jahr 1953 und im Jahr 1955 beschrieben Watkins und später Adkins zum ersten Mal die posterolaterale Fusion (Watkins MB 1953 und Adkins EWO 1955). Bei dieser Fusion werden im Bereich der Facettengelenke, der Basen der Processus spinosi und der Pars interarticularis zwei benachbarte Wirbel durch Anlagerung von Knochen miteinander fusioniert.

Im Jahre 1968 wurde dieses Verfahren von Wiltse (Wiltse LL 1968) modifiziert und über einen neuartigen, sogenannten paraspinalen Zugangsweg durchgeführt.

Beide Verfahren, sowohl über der paraspinale als auch über der mediale Zugang, gehören heute zu den Standardfusionsverfahren bei Wirbelsäulenoperationen (Zdeblick TA 1993).

### 1.3.3 intervertebrale Fusionsverfahren

Ein weiteres Verfahren der Spondylodese eines beweglichen Segments der Wirbelsäule basiert auf der Entfernung der Discus intervertebralis und auf Ersatz des Discus durch Knochen, entweder autolog oder homolog in Form von bi- bzw. tricorticalen Spänen. Dies kann sowohl von dorsal (PLIF) als auch von ventral (ALIF) durchgeführt werden.

Im Jahre 1932 wurde die Methode des ventralen Bandscheibenersatzes (ALIF) erstmals von Capener (Capener N 1932) und ein Jahr später von Burns (Burns BH 1933) und 3 weitere Jahre später von Jenkins (Jenkins JA 1936) zur Behandlung von Spondylolisthesis erwähnt. Grundsätzlich ist die ventrale Spondylodese über zwei verschiedene Operationswege zu erreichen. Zum einen besteht durch den transperitonealen Zugang vor allem bei anatomisch schwierigeren Verhältnissen im Bereich des lumbosakralen Übergangs die Möglichkeit, zwei Wirbel miteinander zu fusionieren. Dieser Zugang wird gelegentlich heute noch verwendet.

Zum anderen gibt es den retroperitonealen Zugang (Iwahara T 1944), der erstmalig bei Hodgson (Hodgson AR 1960) und bei Harmon (Harmon PH 1963) breitere Anwendung fand. Im Vergleich mit dem transperitonealen Zugang wird bei dem retroperitonealen Zugang eine postoperative Darmträgheit durch die peritoneale Irritation und Darmverwachsungen in Form von Briden vermieden (Bauer R 1991). Von Fraser wurde 1981 ein weichteilschonender, die Muskeln in Faserrichtung spaltender Zugang als Modifikation beschrieben (Fraser RD 1981) und von Stempel 1994 ein pararektaler retroperitonealer Zugang (Stempel Av 1994).

Aufgrund der schwerwiegenden Komplikationsmöglichkeiten wurde die interkorporelle Wirbelkörperfusion über lange Zeit nur bei fehlgeschlagenen dorsalen und posterolateralen Fusionen durchgeführt. Die Gefahr einer Verletzung des Plexus lumbosacralis sowie von intra- oder retroperitoneal gelegenen Strukturen ist gegeben und wird von Watkins und Baker beschrieben (Watkins R 1992, Baker D 1993).

Bei entsprechender Expertise des Operateurs sowie aufgrund der Verbesserung der Operationstechnik und der Entwicklung von neueren strukturschonenderen Instrumenten sind diese Komplikationen heutzutage jedoch insgesamt sehr selten. Der dorsale Zugang für die intercorporelle Wirbelkörperfusion (PLIF) wurde erstmals 1946 von Jaslow (Jaslow IA 1946) erwähnt. Bei dieser Fusion ist eine ausgedehnte Laminektomie sowie Facettektomie notwendig, da der autologe Knochen, der in den intervertebralen Raum eingebracht wird, an den Nervenwurzeln vorbeigebracht werden muss. Cloward und Wiltberger berichteten über bis zu 93% Fusionsraten (Wiltberger BR 1957 und Cloward RB 1963). Zwar ist die Verletzung für retroperitoneal gelegene Organe und Strukturen gering, jedoch besteht aufgrund der Topographie die Gefahr der intraoperativen Verletzung bzw. Druckschädigung von einzelnen Nervenwurzeln bzw. der gesamten Cauda equina. Darüber hinaus besteht bei diesem Verfahren die Gefahr von Narbenbildung epidural, die dann ihrerseits erneut Bewerden auslösen kann. Heutzutage wird diese Operationsform (PLIF) meistens mit einer dorsalen transpedikulären Instrumentierung kombiniert (Steffee AD 1993 und Boos N 1997).

#### 1.3.4 Postoperative Immobilisation

Die Patienten mussten postoperativ durch Bettruhe oder gelegentlich auch durch ausgedehnte Gipsverbände immobilisiert werden, um die Fusionsergebnisse zu verbessern. Diese Verbände waren oft sehr ausladend und reichten vom Hüftgelenk bis hinauf zur oberen BWS (Lane JD J 1948, Kimura M 1968, Matzen KA 1998). Die Nachteile, die eine solche Immobilisierung mit sich bringt wie Muskelatrophien, Inaktivitätspenie oder Thrombembolie sind nicht hoch genug einzuschätzen. Hinzu kommt, dass selbst eine Gipsimmobilisation als externe Stabilisierung nie zu einer völligen Ruhigstellung führen kann. Aus diesem Grund suchten Wirbelsäulenchirurgen nach Möglichkeiten, der internen Fixierung.

## 1.4 Instrumentelle Stabilisierung der Wirbelsäule

### 1.4.1 Geschichtliche Entwicklung

Erstmalig wird 1891 eine Drahtumwicklung zur Behandlung von Brüchen von Hadra erwähnt (Hadra BE 1891). 19 Jahre später berichtet Lange über die Implantation von Zelluloidzylindern und Metallstäben zur Stabilisierung bei Spondylitis (Lange F 1910). 1944 verwendete King als Erster die isolierte Facettengelenksverschraubung. (King D 1944).

Diese wurde später von Boucher aufgegriffen (Boucher HH 1959). Bei dieser Methode wird zusätzlich zu der Facettengelenksverschraubung Knochen zwischen die kleinen Wirbelgelenke gelegt um eine bessere knöchernen Durchbauung zu erzielen. Aufgrund des geringen knöchernen Kontaktes und aufgrund der geringen Stabilität hat sich diese Art der Spondylodese jedoch nicht etabliert. 2 Jahre später im Jahre 1961 versuchte Humphreys die interne Fixierung durch eine Metallplatte zu erzielen, die von vorne auf die Wirbelkörper aufgeschraubt wurde (Humphreys 1961). Diese Methode wurde von Zielke (Zielke K 1982) und Kaneda (Kaneda K 1984) weiterentwickelt. Diese anterioren Stabilisierungssysteme wurden vor allem zur Korrektur von Deformitäten bei Frakturen oder Skoliosen angewendet und konnten sich langfristig durchsetzen. Im Jahre 1962 war Harrington der Erste, der schließlich eine dorsale Stabfixierung an der Wirbelsäule anwandte. Harrington verwendete hierzu Längsträger, die mit Haken versehen waren, die auf beiden Seiten der Mittellinie unter die Lamina eingehängt und befestigt wurde. Dieses Verfahren setzte er zusammen mit dorsalen Fusionsverfahren bei Skoliosen bzw. bei traumatischen Wirbelsäulendeformitäten ein (Harrington PR 1967). Es dauerte bis 1986 bis Luque versuchte ebenfalls traumatische und idiopathische Wirbelsäulendeformitäten zu korrigieren und mittels sublaminärer Drahtfixation an einen Längsstab die Rotationsstabilität zu erzielen die bei dem von Harrington beschriebenen Verfahren noch fehlte (Luque ER 1986). Aufgrund der deutlich erhöhten neurologischen und hämorrhagischen Komplikationen konnte sich dieses Verfahren nicht auf breiter Front durchsetzen, während das Verfahren nach Harrington noch lange Zeit Anwendung bei idiopathischen Skoliosen fand. Im Jahre 1970 etablierte Buck eine weitere Form der dorsalen Instrumentierung (Buck JE 1970). 1970 beschrieb Roy-Camille eine Methode bei der er gute Erfahrungen gemacht hatte bei dem in den stabilsten Anteil

des gesamten Wirbels, nämlich in die Bogenwurzel oder auch die Pedikel genannt, ein Instrumentarium in Form einer Schraube eingedreht wird (Roy-Camille R 1970). Die Einbringung dieser Schraube erfolgt von dorsal von einem Punkt der nur wenige Millimeter unterhalb des Gelenkspaltes der Kleinwirbelgelenke liegt. Die Schraube wird in einem Winkel von 10-15° zur Sagittalebene eingedreht. Als Längsverbindung dieser Pedikelschrauben verwendete Roy-Camille Platten, die er auf beiden Seiten der Processus spinosi so anbrachte, dass die Schrauben miteinander verbunden wurden.

#### 1.4.2 Pedikelschraubeninstrumentierung

Die meisten noch heute verwendeten Wirbelsäulenstabilisierungssysteme basieren auf zwei Verfahren. Zum einen auf der Fixierung mittels stabförmigen Längsträgern (Kluger P 1986, Dick W 1987, Dörner J 1995) sowie auf die Fixierung mittels Platten (Steffee AD 1986).

Es werden aufgrund der unterschiedlichen Stabilität semirigide Systeme (Luque ER 1988 und Schwab FJ 1995) und rigide winkelstabile Systeme unterschieden.

Bei den semirigiden Systemen besteht zwischen den Längsträgern und den Pedikelschrauben keine feste rigide Verbindung. Somit ist der instrumentierte Bereich nicht komplett ruhiggestellt. Die erhoffte Verringerung der Osteoporose bzw. die Vermeidung des „stress-shielding“ Phänomens wie McAfee und Gertzbein (McAfee PC 1989, Gertzbein SD 1996, Pfeifer M 1997) ließen sich nicht nachweisen. Die heute meistens verwendeten Systeme zur dorsalen Spondylodese sind daher rigide transpedikuläre Fixationssysteme. Unter den heute noch verwendeten Systemen finden sich die Pedikelschraubensysteme von Kluger, Dick, Matsen und Steffee (Kluger P 1986, Steffee AD 1986, Dick W 1987, Dörner J 1995). Die Indikationen für diese Systeme sind sowohl die Spondylolisthese oder Tumore wie auch Entzündungen bzw. posttraumatische Instabilitäten. Obwohl die Wirksamkeit von rigiden Systemen bei degenerativen Wirbelsäulenerkrankungen lange Zeit umstritten waren, konnten mehrere Studien eine deutliche Reduktion von Pseudarthrosen bei rigid instrumentierten Spondylodesen nachweisen (Zdeblick TA 1993, Yuan HA 1994, Fischgrund JS 1997). Als Folge dessen wurden im Jahre

1998 die Pedikelschrauben als medizinische Geräte der Klasse II durch die American Food and Drug Administration (FDA) anerkannt.

### 1.5. Zielsetzung dieser Arbeit

In dieser Arbeit werden die mittelfristigen Ergebnisse von einzeitigen und zweizeitigen dorsoventralen Spondylodesen mit Cage oder corticospongiösem Span sowie minimalinvasiv dorsalen Fusionsoperationen mit einem neuen winkelstabilen und geringdimensionierten Fixateur intern bei Wirbelsäulenverletzungen vorgestellt. Bei der retrospektiven Betrachtung wird dieses Kollektiv hinsichtlich folgender Kriterien analysiert:

1. Stabilität
2. Konsolidierung der Spondylodese
3. Subjektives Befinden der Patienten
4. Objektive Resultate

## 2. Material und Methoden

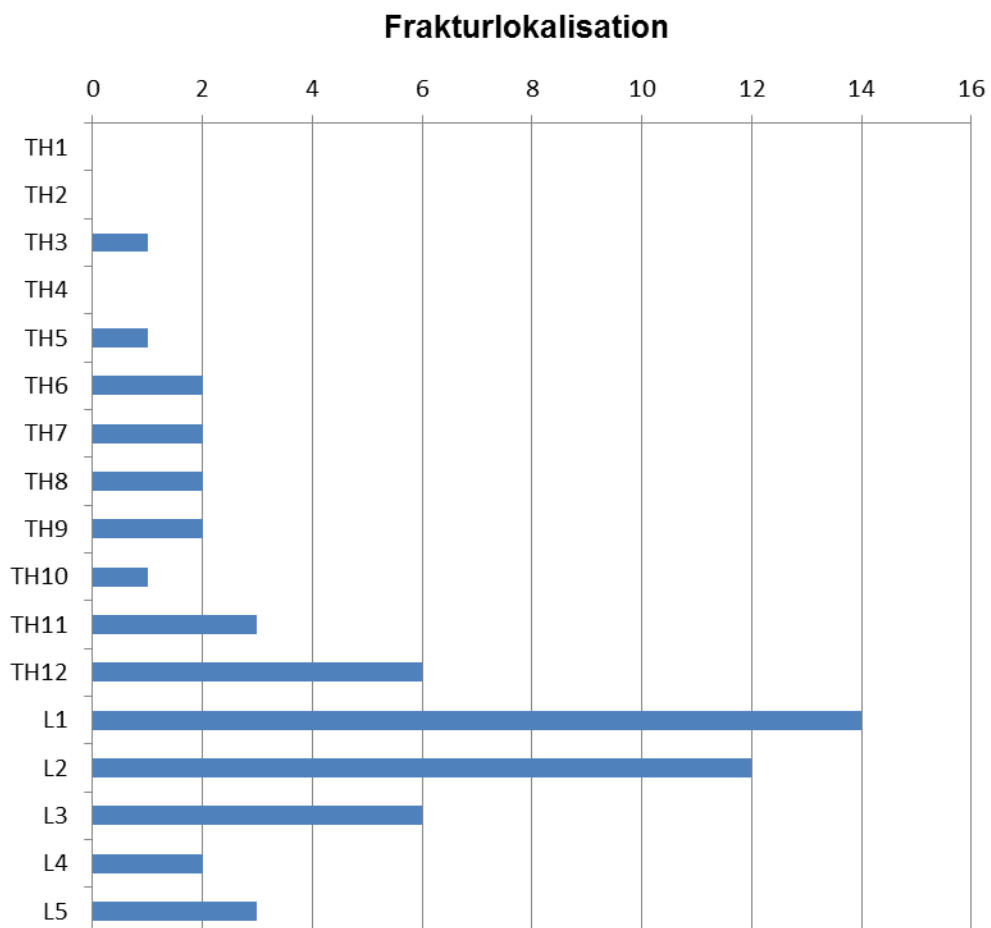
### 2.1 Patientengut

Aus den Jahren 2008 bis 2010 wurden insgesamt 53 Patienten untersucht, wobei 2 Patienten pathologische Frakturen aufwiesen.

Somit wurden in die Untersuchung 51 Patienten eingeschlossen.

Das Durchschnittsalter lag bei 51 Jahren, das Verhältnis von Männern zu Frauen bei 34 / 17.

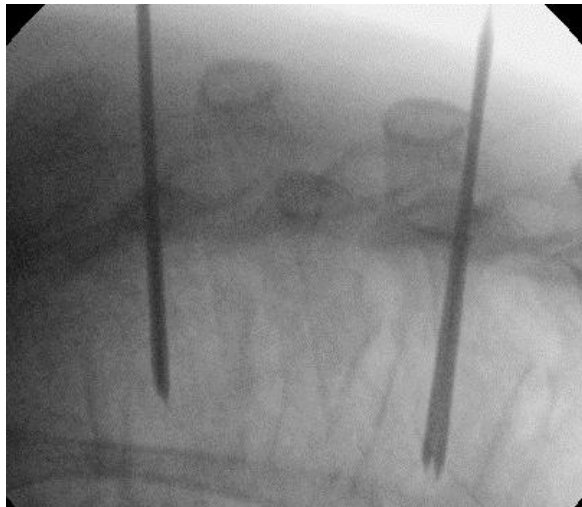
Die Muster der Frakturlokalisierung auf Lendenwirbelsäule (L3-5), TLÜ (T11-L2) und Brustwirbelsäule (T1-10) folgte einer typischen Verteilung bei der die LWS 11 mal, Der TLÜ 40 mal und die BWS 11 mal betroffen war.



## 2.2 Operationsmethode

### 2.2.1 Offene dorsale Stabilisierung

Die Operation wird in Allgemeinnarkose durchgeführt. In entlordosierter Bauchlage werden Cutis und Subcutis über den Proc. spinosi durchtrennt. Nach Spaltung der Fascia dorsalis wird die paravertebrale Muskulatur auf beiden Seiten von den Laminae gelöst und bis über die Gelenkfortsätze hinaus abgeschoben. Im Anschluss erfolgt unter Bildverstärkerkontrolle im anterior-posterioren und seitlichen Strahlengang das transpedikuläre Einschlagen eines Pfriems einige Millimeter tief. Nach der Pfriemextraktion folgt das Einsetzen jeweils eines gekürzten Kirschnerdrahtes der Dicke 1,8mm.

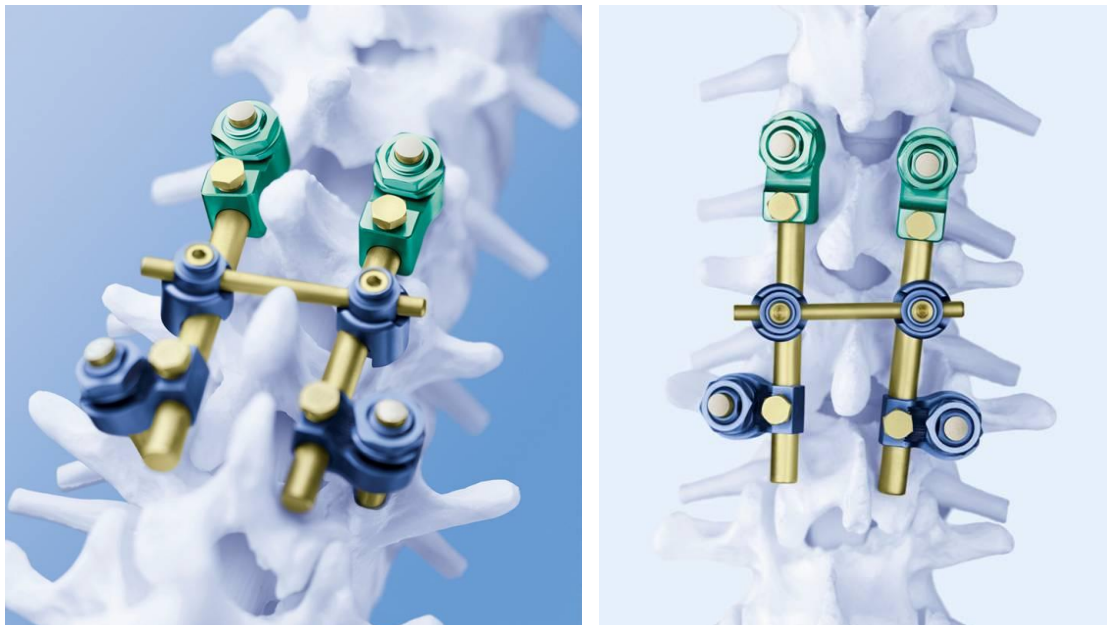


Nach erneuter Durchleuchtungskontrolle in 2 Ebenen nun nacheinander Entfernen der Kirschnerdrähte und Eindrehen der 4-6-mm-Schanzschraube bis an die Wirbelkörpervorderkante (Zindrick MR 1986; Dick W 1987; Krag MH 1989).

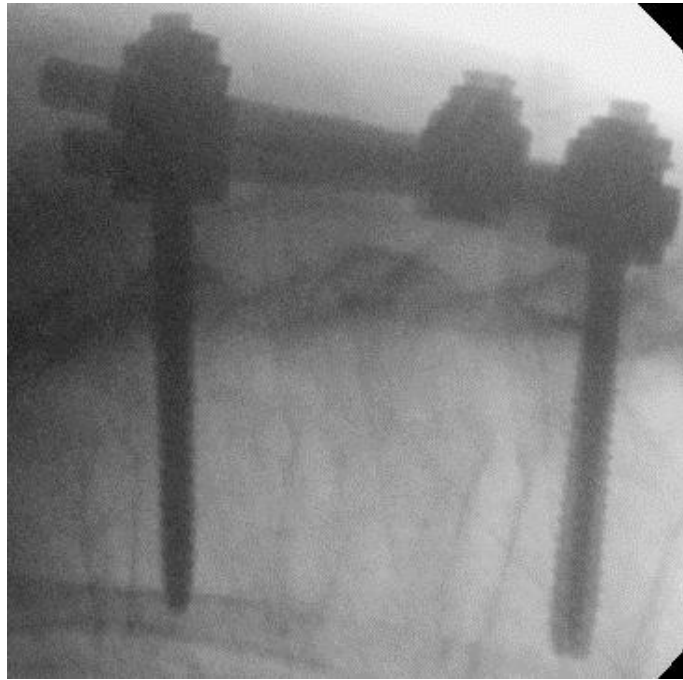
In gleicher Weise werden nun Schrauben in alle Pedikel der zu versteifenden Segmente eingebracht. Auf jede Schraube wird eine sogenannte Klemmbacke

aufgesetzt. Mit deren Hilfe wird dann der individuell vorgebogene und in der benötigten Länge gekürzte Längsträger fixiert. Wenn dieser in der geplanten Position platziert ist, wird mit Hilfe des Einbringinstrumentariums zuerst reponiert (lordosiert, oder gegebenenfalls kyphosiert) falls nötig. Dann wird die kaudale Klemmbacke festgestellt.

Mit Hilfe einer Spreizzange kann nun die gewünschte Distraction herbeigeführt und anschließend die kraniale Klemmbacke festgestellt werden. Die Schrauben werden danach über den Backen abgeschnitten, um den Platzbedarf so gering wie möglich zu halten. Die Gegenseite wird anschließend nach dem gleichen Verfahren (lordosiert), distrahiert und fixiert.



(Universal-Spine-System (USS) Fraktursystem, Fa. Synthes)



(USS-Fraktursystem, intraoperatives Durchleuchtungsbild)

Nach Einlage einer subfaszialen Redondrainage auf jeder Seite wird der Operationssitus schichtweise verschlossen (Dörner J 1995).

Schon vor der dorsalen Spondylodese wurde, falls eine ventrale Fusion geplant ist, ein corticospongiöser Span vom dorsalen Beckenkamm entnommen.

Hierzu wird kraniallateral der Spina posterior ein ca. 5 cm langer Schnitt gesetzt.

Nach Spalten der Cutis und Subcutis wird zuerst stumpf bis nach knapp lateral der hinteren ISG-Fuge präpariert und je nach Anzahl der zu versteifenden Segmente wird über eine entsprechende Länge ein monokortikaler Beckenkammspan mit dem Meißel und zusätzlich die Spongiosa entnommen. Anschließend wird ein Hämostyptikum in den Hebedefekt eingelegt. Schließlich wird die Faszie über der Entnahmestelle verschlossen und nach Einlage einer Redondrainage die Haut genäht.

## 2.2.2 Minimalinvasive dorsale Stabilisierung

(Fa. Medtronic CD-Horizon, Sextant oder Longitude)

Die Operation wird in Allgemeinnarkose durchgeführt.

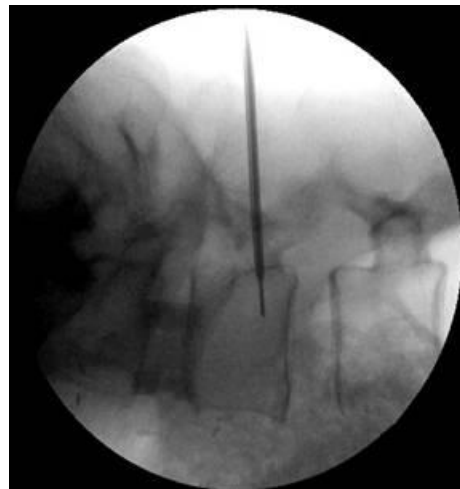
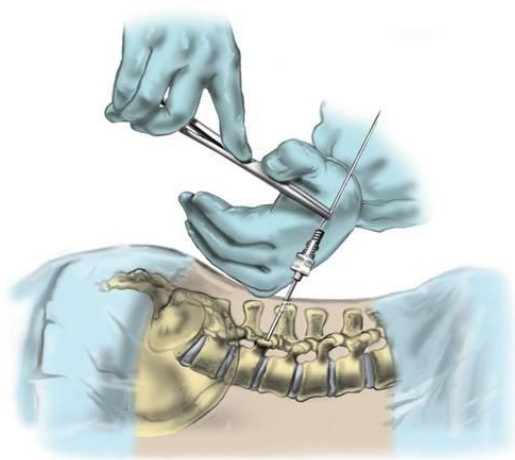
Ebenfalls in entlordosierter Bauchlage wird die korrekte Lage des Patienten (keine etwaige Rotation der Wirbelsäule) mittels Durchleuchtung überprüft.

Auch die Hautinzision erfolgt unter Durchleuchtung etwas lateral des Pedikels. Somit ist gewährleistet dass die Nadel dem physiologischen Verlauf des Pedikels von lateral nach medial folgt.

Sie wird dazu im A/P-Bild auf der Haut über dem Pedikel platziert. Die ca. 1,5 cm große Inzision erfolgt dann 1-2 cm lateral davon.

Die Punktion des Wirbelkörpers erfolgt an der Kontaktfläche zwischen Facette und Processus transversus.

Der innere Mandrin der Nadel wird nun entfernt und der Führungsdraht 60-70% in den Wirbelkörper eingeführt.

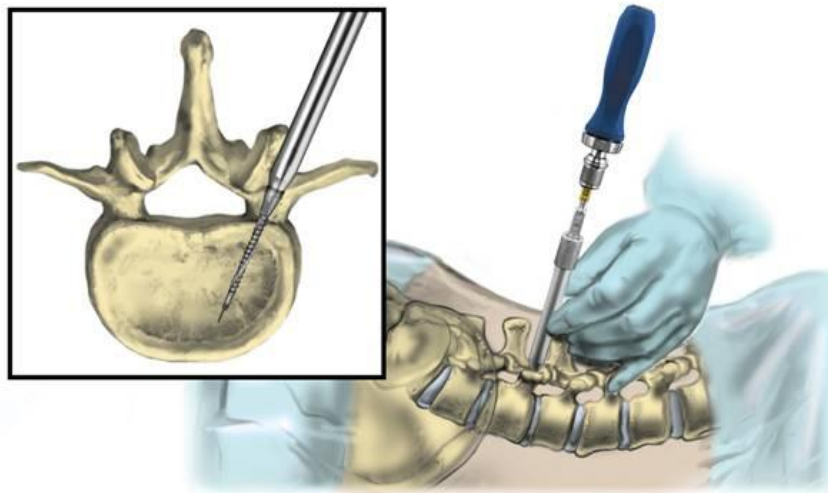


(CD-Horizon, Longitude, Fa. Medtronic)

Nun muss zur Platzierung der Schrauben sowohl die Faszie, als auch die Muskeln dilatiert werden. Hierzu werden nacheinander drei in ihrem Durchmesser zunehmende Dilatatoren nacheinander übereinander über die Nadel geschoben.

Die sich nun anschließende Pedikelpräparation erfolgt mittels des Gewindeschneiders über den Führungsdraht mit dem, in situ verbliebenen, großen Dilatator.

Die gewünschte Schraubenlänge kann an der Tiefenmarkierung am Gewindeschneider am Rand des Dilatators abgelesen werden.



(CD-Horizon, Longitude, Fa. Medtronic)

Anschließend werden Gewindeschneider und Dilatator entfernt.  
Lediglich der Führungsdraht verbleibt.

Zur monosegmentalen Stabilisierung (Platzierung von je 2 Schrauben) werden die silbernen monosegmentalen Extender verwendet, zur Platzierung von 3 Schrauben, oder bei der bisegmentalen Stabilisierung werden die goldfarbenen bisegmentalen Extender verwendet.

Falls der mittlere Wirbel nicht besetzt wird, wird anstelle des mittleren Extenders ein Abstandshalter verwendet.

Die Extender und die Multiaxialschrauben müssen vor Einbringen der Schrauben entsprechend der Herstelleranweisung zusammengesetzt werden.

Der Extender mit der eingesetzten Schraube der gemessenen Länge wird nun über den noch liegenden Draht eingeführt.

Nach Platzierung der zweiten (und dritten) Schraube auf der gleichen Seite werden, bei Verwendung des CD HORIZON®SEXTANT, die gleich weit aus dem Situs ragenden Extender so gedreht dass die flachen Seiten einander gegenüberliegen.

Nachdem nun die Extender verbunden wurden wird der CD HORIZON®SEXTANT II-Bogen angebracht.

Anschließend wird die Trokarspitze an der Klemmvorrichtung eingesetzt.

Über eine kleine Inzision am Berührungspunkt der Trokarspitze des Sextanten mit der Haut wird der Trokar bis zur Berührung mit der ersten Schraube vorgeschoben und dilatiert somit Faszie und Muskeln.

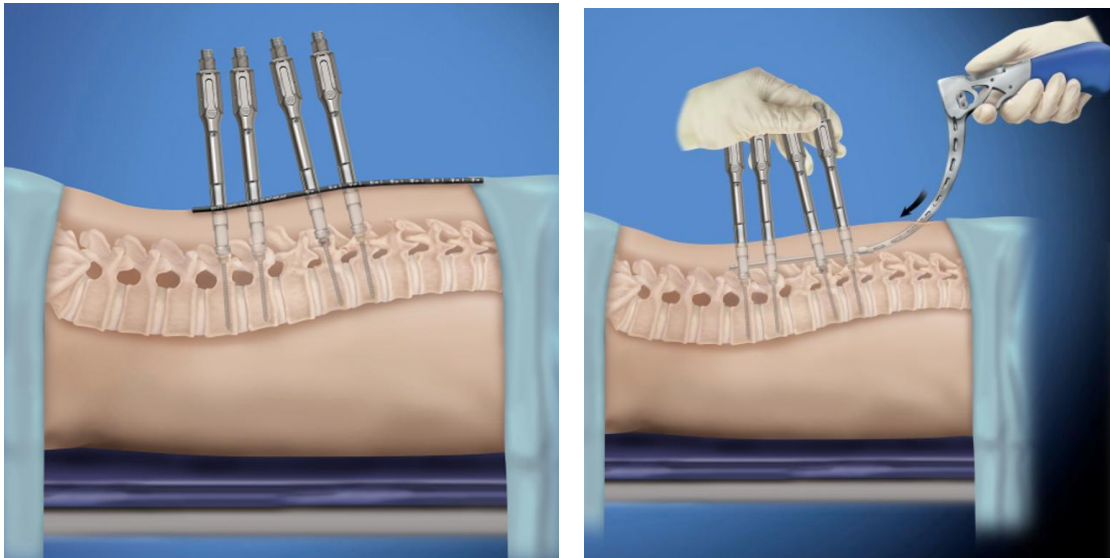
Die richtige Stablänge wird von dem Längenmessinstrument, das in die oberen und unteren Extender eingesetzt wird, abgelesen.



(CD-Horizon, Sextant, Fa Medtronic)

Durch Ersatz der Trokarspitze mit dem Stab der gemessenen Länge kann nun dieser mithilfe des Sextanten durch die Schraubenköpfe geführt werden.

Bei Verwendung des CD HORIZON®LONGITUDE wird der, mit Hilfe eines biegsamen Kunststoffmessstabes in der Länge bestimmte, Längsträger über einen speziellen Applikator per Hand in kraniokaudaler Richtung über eine Stichinzision eingebracht und durch die Schraubenköpfe geschoben.



(CD-Horizon, Longitude, Fa Medtronic)

Die korrekte Lage kann sowohl mittels C-Bogen, als auch durch Austasten des, nun nicht mehr leeren Schraubenkopfes, mit einem speziellen Taster geschehen.

Die Applikation der Verschlusschrauben erfolgt nun in sowohl bei Verwendung des CD HORIZON®SEXTANT, als auch des CD HORIZON®LONGITUDE mit dem Kompressionsschraubendreher über den Extender.

Falls nun eine Kompression oder Distraction des betroffenen Segmentes erwünscht ist kann dies erfolgen indem jeweils eine der Schrauben provisorisch angezogen wird. Nach durchgeführter Kompression/Distraction wird nun die jeweils andere Kompressionsschraube festgezogen. Abschließend erfolgt das endgültige Festziehen mit dem T-Handgriff zur Auflösung des Drehmomentes. In umgekehrter Reihenfolge wird nun das Instrumentarium wieder entfernt.

Auf der Gegenseite wird nun das Vorgehen wiederholt.

Wundverschluss mit Fasziennaht und Hautnaht.

In gleicher Operation, oder in einer erneuten Allgemeinnarkose ein paar Tage später erfolgt nun die ventrale Fusionierung.

### 2.2.3 Ventrale Fusion der BWS und des BWS-LWS-Überganges

Es erfolgt nun zuerst der Hautschnitt in linksaufgeklappter Rechtsseitenlage im Bereich des linken Thorax über eine in entsprechender Höhe durchgeführten Thorakotomie. Die korrekte Höhe wird mittels Bildwandlerkontrolle festgestellt.

Eine gesonderte Beatmung der beiden Lungen ist erst bei einer Fusionshöhe von BWK7 oder höher notwendig.

Als nächster Schritt wird die Lunge mit breiten Langenbeckhaken und Bauchtüchern beiseite gehalten.

Nun erfolgt eine Längsinzision der Pleura parietalis über eine der fusionsbedürftigen Höhenausdehnung angepassten Länge. Anschließend wird diese nach ventral abgeschoben unter Verwendung von Präpariertupfern und Cobbrasp abgeschoben.

Beim Erreichen des ersten Bandscheibenraumes wird die Höhenlokalisation mittels eines dünnen Kirschnerdrahtes und Bildwandlerkontrolle im seitlichen Strahlengang durchgeführt. Bei korrekter Lage erfolgt nun die Unterbindung des Segmentgefäßes falls dieses lagebedingt nicht geschont werden kann.

Dann wird die zerstörte Bandscheibe und gegebenenfalls der benachbarte Wirbelkörper, falls eine WK-Fraktur vorliegt, unter Schonung des vorderen und hinteren Längsbandes komplett ausgeräumt. Falls nötig wird ein Wirbel komplett entfernt. Nun werden die Deck- und Grundplatten der angrenzenden Wirbelkörper sorgfältig entknorpelt und in beide eine, dem entnommenen CS-Span entsprechende, Nut mit dem Meißel geschlagen. In den somit geschaffenen freien (Intervertebral)-raum werden ein bis zwei, vorher zugesägte, corticospongiöse Knochenspäne eingeschlagen.

Alternativ erfolgt nach der Korporektomie das Einbringen eines Wirbelkörperersatzes in Form eines expandierbaren Titankorbes.

Dieser wird aufgedreht und gegen die dorsale Spondylodese verspannt.

Zusätzlich wird die entnommene Spongiosa eingebracht und mit einem Stößel komprimiert. Falls möglich wird die Pleura parietalis über der Wirbelsäule unter Verwendung eines resorbierbaren Fadens wieder längsverschlossen.

Nach ausgiebiger Spülung, der Kontrolle auf Bluttrockenheit und Einlage einer Thoraxdrainage der Stärke 20 wird der Thorax wieder schichtweise verschlossen und nach Einlage einer subkutanen Redondrainage der Stärke 10 die Haut genäht.

## 2.2.4 Ventrale Fusion der LWS

Es erfolgt nun zuerst der Hautschnitt in linksaufgeklappter Rechtsseitenlage im Bereich der linken Flanke.

Dann folgt die schichtweise Eröffnung der Bauchdecke über einen Wechselschnitt. Hierbei werden der Musculus obliquus abdominis externus, internus und der Musculus transversus in Faserrichtung durchtrennt. Im Anschluss an das stumpfe Abschieben des Peritoneums nach ventral präpariert man stumpf in Faserrichtung durch den Musculus iliopsoas und lateral von den Iliakalgefäßen auf die Wirbelsäule zu.

Beim Erreichen des ersten Bandscheibenraumes wird die Höhenlokalisierung mittels eines dünnen Kirschnerdrahtes und Bildwandlerkontrolle im seitlichen Strahlengang durchgeführt. Bei korrekter Lage erfolgt nun die Unterbindung des Segmentgefäßes falls dieses lagebedingt nicht geschont werden kann.

Dann wird die zerstörte Bandscheibe und gegebenenfalls der benachbarte Wirbelkörper, falls eine WK-Fraktur vorliegt, unter Schonung des vorderen und hinteren Längsbandes komplett ausgeräumt. Falls nötig wird ein Wirbel komplett entfernt. Nun werden die Deck- und Grundplatten der angrenzenden Wirbelkörper sorgfältig entknorpelt und in beide eine, dem entnommenen CS-Span entsprechende, Nut mit dem Meißel geschlagen. In den somit geschaffenen freien (Intervertebral)-raum werden ein bis zwei vorher zugesägte corticospongiöse Knochenspäne eingeschlagen.

Zusätzlich wird die entnommene Spongiosa eingebracht und mit einem Stößel komprimiert.

Falls ein Titankorb eingebracht werden soll wird ebenfalls die Deck- und Grundplatte der angrenzenden Wirbelkörper sorgfältig entknorpelt.

Anschließend wird der Cage mit dem entsprechenden Setzinstrumentarium eingebracht und gegen den kranialen und kaudalen Wirbel verspannt. Dann erfolgt eine Durchleuchtungskontrolle mit dem C-Bogen. Bei korrekter Lage wird nun noch die entnommene Spongiosa lateral und gegebenenfalls ventral des Titankorbes angelagert.

Nach der Kontrolle auf Bluttrockenheit und der Einlage einer tiefen retroperitonealen Robinsondrainage der Stärke 20 wird die Bauchdecke schichtweise wieder

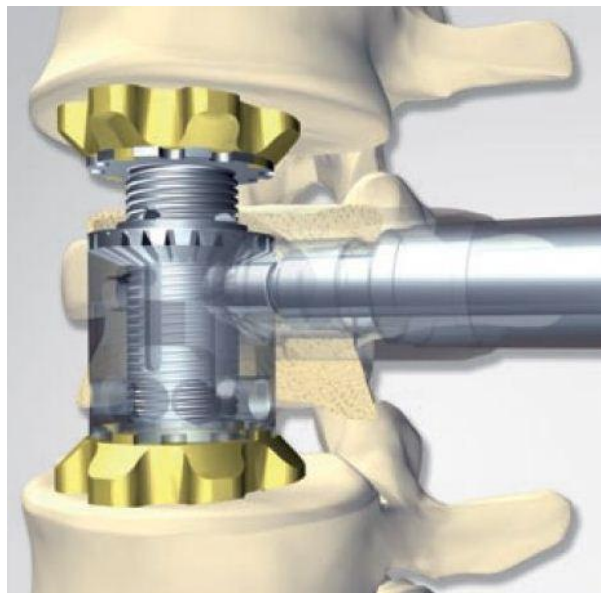
verschlossen und nach Einlage einer subkutanen Redon-Drainage der Stärke 10 die Haut genäht (Matzen KA 1989).



(Synex-Korb, Fa. Synthes)



(SynexII-Korb, Fa. Synthes)



(ObeliscPro, Fa. Ulrich)

## 2.3. Patientennachuntersuchung

Die Nachuntersuchung der Patienten setzte sich zusammen aus einer eingehenden Anamnese, der standardisierten Abfrage des momentanen Befindens mittels Visueller Analogskala (VAS), dem Modified Oswestry Low Back Pain Index und der körperlichen Untersuchung sowie mittels der Röntgenuntersuchung aller Patienten.

### 2.3.1 Fragebögen

Die Befragung der Patienten erfolgte standardisiert mittels der Visuellen Analogskala: VAS-Wirbelsäulenscore (C.Knop 2001), sowie Fragen basierend auf dem Modified Oswestry Low Back Pain Index: ODI (John O'Brian 1976).

#### 2.3.1.1 VAS-Wirbelsäulenscore

Die von uns verwendete visuelle Analogskala basiert auf dem VAS-Wirbelsäulenscore, veröffentlicht im Unfallchirurgen 2001. Dieser VAS-Wirbelsäulenscore stellt untersuchungsunabhängig 19 Fragen zu Rückenschmerzen und Funktionsbeeinträchtigungen der Wirbelsäule bzw. des Rückens unter Verwendung von visuellen Analogskalen ab. Graphisch ausgewertet wurden von uns 7 repräsentative Fragestellungen: Die Beeinträchtigung in Ruhe, bei Belastung, im Sitzen, im Stehen, beim Gehen und im Beruf, sowie der Analgetikaverbrauch. Der Gesamtscorewert berechnet sich als Mittelwert aller beantworteten Fragen. Er kann Werte zwischen 0 und 100 annehmen. Von Knop et al wurde eine Reliabilität dieses Testes bzw. dieses Scores nachgewiesen. Die Arbeitsgruppe um C. Knop kommt zu dem Schluss, dass mit dem neuentwickelten VAS-Wirbelsäulenscore ein subjektives, vom Patienten eigenständig auszufüllendes, deutschsprachiges Bewertungskriterium zur Verfügung steht, welches die Kriterien der Reliabilität und Validität als empirische Gütekriterien erfüllt. Dieser Score bietet sich somit zur Beurteilung des Outcomes von Patienten an, die Verletzungen der Wirbelsäule erlitten haben. Die mit diesem Score erzielten subjektiven Ergebnisse können, wie es in dieser Arbeit geschehen ist, mit objektiven Parametern korreliert werden.

Die Stärke der Ausprägung eines Merkmales wird von den Patienten auf einer Linie mit definierter Länge durch ankreuzen markiert. Die jeweiligen Enden dieser Linie sind durch Sonne bzw. Regenwolke als Beantwortungsextreme definiert. Grundlage des VAS-Wirbelsäulenscores war der Bewertungsmaßstab, der aus dem Hannover-Wirbelsäulenscore der Arbeitsgemeinschaft Wirbelsäule der DGU entwickelt worden war. Dabei handelt es sich um einen Fremdbeobachtungsscore. Die Patienten beantworten im Rahmen dieser Befragung Fragen, die sie auch beantworten können. Nichtbeantwortete Fragen gehen dabei nicht in die Auswertung ein. Ist ein Patient nicht mehr in der Lage, altersbedingt zu laufen (joggen), kann diesbezüglich natürlich auch keine Einschränkung erhoben werden. Der Gesamtscorewert als Ergebnis wird daher als Mittelwert der Beantworteten Fragen berechnet.

Es wurden insgesamt 53 Patienten mit einem Durchschnittsalter von 51 (23 – 74) Jahren, untersucht, wobei 2 Patienten pathologische Frakturen aufwiesen.

Somit wurden in die Untersuchung 51 Patienten eingeschlossen. Das Verhältnis von Männern zu Frauen bei 34 / 17.

#### 2.3.2.2 Modified Oswestry Low Back Pain Index (ODI)

Unabhängig davon, welche Gründe oder Ursachen den Rückenschmerzen zu Grunde liegen ist der **Oswestry Disability Questionnaire (ODQ)** bzw. der **Oswestry Disability Index (ODI)** mittlerweile ein etabliertes Verfahren um den Schmerz und den Funktionsstatus von Patienten mit chronischen Rückenschmerzen zu erfassen. Dieser Fragebogen berücksichtigt zum einen die Einschränkung und Schmerzintensität der Patienten bei unterschiedlichen Alltagsaktivitäten wie schlafen, heben, sitzen und Körperpflege als auch gesellschaftliche Aktivitäten und das Reisen. Der ODI wurde vielfach angepasst und im Jahr 2006 auch ins Deutsche übersetzt.

Ursprünglich entwickelt wurde er von John O'Brien im Jahre 1976. Bis zur Publikation schließlich im Jahre 1980 verbesserten und testeten der Orthopäde Stefan Einstein und die Ergotherapeutin Judith Cooper den Fragebogen. Im weiteren Verlauf wurde der Fragebogen mehrfach verändert und an die jeweiligen Bedürfnisse angepasst. Die American Academy of Orthopaedic Surgeons ließ z.B. Teile des ODQ

weg, veränderte ihn und ersetzte einzelne Abschnitte. Aufgrund der Studienergebnisse haben sich mittlerweile die beiden zuletzt veröffentlichten Versionen des ODQ durchgesetzt. 2006 wurde eine deutsche Version, der **Oswestry Disability Questionnaire - Deutsch (ODQD)**, veröffentlicht und in der Schweiz und in Deutschland validiert.

Der ODQD umfasst 10 Funktionsgebiete:

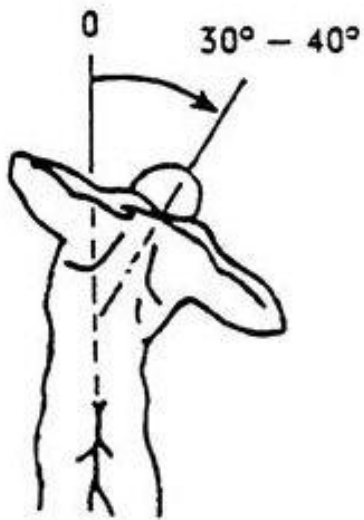
Zum einen die Schmerzintensität, die Körperpflege, das Heben, das Laufen, das Sitzen, das Stehen, das Schlafen, die sexuelle Aktivität und das Gesellschaftsleben sowie das Reisen. Die Patienten beurteilen mit dem ODQ ihre empfundenen Einschränkungen in diesen unterschiedlichen Bereichen. Bei jeder der 10 Fragen gibt es 6 Antwortmöglichkeiten, die von 0 bis 5 Punkte bewertet werden. Liegen keine Einschränkungen in einem Funktionsbereich vor, so kreuzt der Patient 0 an. Bewertet der Patient hingegen eine Frage mit 5 Punkten so bedeutet dies eine maximale Einschränkung. Pro Frage ist nur 1 Antwort möglich. Die maximal erreichbare Punktzahl pro Frage beträgt 5. Gibt der Patient z. B. immer die maximale Punktzahl an, so erreicht er im gesamten Test 50 Punkte. Der prozentuale Wert der erreichten Punkte wird in Abhängigkeit der maximal möglichen Punktezahl errechnet:

$$\text{erreichte Punkte} \div \text{maximal mögliche Punkte} \times 100.$$

### 2.3.3 Körperliche Untersuchung

Die körperliche Nachuntersuchung der Patienten erfolgte standardisiert nach der Neutral-0-Methode. Hierbei wird die maximal möglich Auslenkung aus der Neutralposition bestimmt und in Grad, beziehungsweise in Zentimeter angegeben.

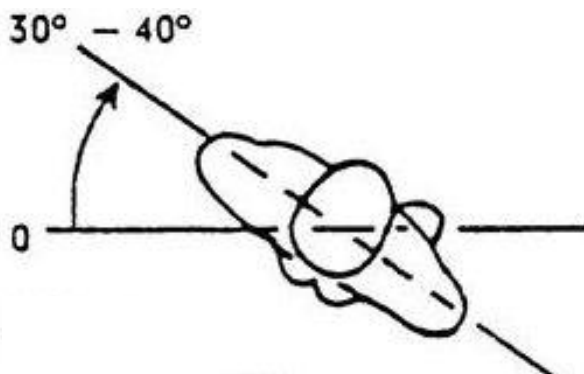
### 2.3.3.1 Seitwärtsneigung:



Die Seitwärtsneigung wird in Grad bestimmt.

Der Patient legt beide Hände in den Nacken, steht dabei aufrecht und neigt sich soweit er kann nach rechts und anschließend nach links. Bestimmt wird jeweils der erreichte Winkel abweichend von der Ausgangsenkrechten. Im Normalfall beträgt dieser  $30^\circ$ .

### 2.3.3.2 Seitwärtsdrehen:



Das maximale mögliche Seitwärtsdrehen wird in Grad gemessen:

Der Patient sitzt hierzu auf der Untersuchungsbank und dreht bei, durch das Sitzen, feststehendem Becken den Oberkörper zuerst nach rechts und dann links. Gemessen wird der maximal erreichbare Winkel abweichend von der Ausgangsposition in der die Schultern parallel zum Becken standen.

Der Normwerte beträgt 30°.

2.3.3.3 Liegen-/Jugulumabstand:



Der Liegen-/Jugulumabstand wird in Zentimetern bestimmt. Der Patient liegt bäuchlings auf der Untersuchungsliege. Die beiden Arme sind parallel am Körper abwärts ebenfalls auf der Liege liegend. Nun versucht der Patient den Kopf und den Oberkörper soweit als möglich von der Liege abzuheben. Gemessen wird der maximal erreichbare Abstand von Liegenauflage zum Jugulum.

2.3.3.4 Aktives Aufrichten aus der Rückenlage:

Das Aktive Aufrichten aus der Rückenlage wird in Zentimetern bestimmt.

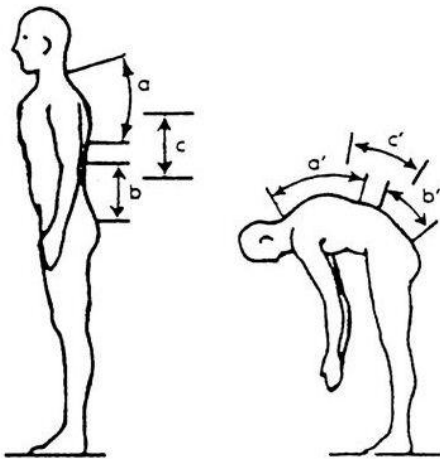
Der Patient liegt auf der Untersuchungsliege auf dem Rücken. Beide Hände werden vor den Körper gelegt. Nun versucht sich der Patient aktiv ohne zu Hilfenahme der Arme aus der Rückenlage den Oberkörper aufzurichten. Gemessen wird die maximal erreichbare Strecke zwischen der Liege und dem Dornfortsatz von C7.

### 2.3.3.5 Schober-Zeichen:

Das Schober-Zeichen ist ein Funktionstest für die Beweglichkeit der Lendenwirbelsäule. Hierbei wird das physiologische Auseinanderweichen der Dornfortsätze der thorakalen bzw. lumbalen Dornfortsätze beim Vornüberbeugen bestimmen. Der Patient steht vor dem Untersucher, den Rücken zu diesem gewandt. Der Untersucher markiert den Dornfortsatz vom ersten Steißbeinwirbel S1 sowie eine 2. Stelle die sich 10 cm höher vom Dornfortsatz von S1 befindet. Beide Stellen werden jeweils mit einem Querstrich markiert.

Nun beugt sich der Patient bei durchgestreckten Knien soweit nach vorne wie es ihm möglich ist. Der Abstand der beiden Markierungen wird beim senkrecht stehenden Patienten und bei dem Patienten maximaler möglicher Vorbeugung gemessen.

Der Abstand dieser beiden Markierungen vergrößert sich beim Gesunden um ca. 5 cm. Ist die Messstrecke trotz Vorbeugung weniger als 5 cm, so liegt eine verminderte Beugbarkeit der Wirbelsäule vor.



$$a:a' = 30:32 \text{ cm}$$

$$b:b' = 10:15 \text{ cm}$$

$$c:c' = 10:13 \text{ cm}$$

#### 2.3.3.6 Ott-Zeichen:

Das Ott'sche Maß ist eine Orientierung zur Beweglichkeit der Brustwirbelsäule.

Bei der Messung nach Ott wird der 7. HWK markiert, des Weiteren wird eine Strecke von 30 cm nach kaudal gemessen. Auch hier findet eine Markierung statt. Nun beugt sich der Patient nach vorne soweit es ihm möglich ist.

Gemessen wird die Verlängerung der Strecke bei maximaler nach vorne Beugung des Patienten. Normalerweise findet eine Verlängerung von mindestens 3 cm statt.

#### 2.3.3.7 Finger-Boden-Abstand:

Der Finger-Boden-Abstand ist ein Maß für die Beweglichkeit der Lendenwirbelsäule. Jedoch wird er von der Beweglichkeit der Hüftgelenke und auch eine etwaigen Verkürzung der ischiocruralen Muskulatur beeinflusst. Normalerweise beträgt er 0 cm.

### 2.3.4. Röntgenuntersuchung

Die Röntgenuntersuchung der Patienten umfasste soweit vorhanden die präoperativen Röntgenbilder (diese wurden zumeist im Liegen gemacht), des Weiteren postoperative Röntgenaufnahmen anterior-posterior, jeweils die BWS, LWS im seitlichen Strahlengang, sowie Röntgenuntersuchung nach Metallentfernung anterior-posterior und im seitlichen Strahlengang BWS und LWS bzw. bei noch nicht entferntem Metallstatus zum Nachuntersuchungszeitpunkt.

Da Fehlhaltungen der Wirbelsäule häufig nur bei Stehendaufnahmen zur Darstellung kommen, ist die Aufnahme im Stehen die Standarteinstellung. Das Format ist 15/40, hoch. Der Oberkörper wird komplett freigemacht. Der Patient steht mit dem Rücken zum Röntgenstativ, wobei die Arme hängengelassen werden und die Beine gestreckt sind. Oder wahlweise liegt er auf dem Rücken. Der obere Kassettenrand wird in Höhe des 6. Halswirbels gelegt. Der Zentralstrahl senkrecht auf die Kassettenmitte. Die Aufnahme erfolgt bei Atemstillstand nach Expiration.



Die Röntgenaufnahme der Wirbelsäule im seitlichen Strahlengang erfolgt bei einem Format von 20/40, hoch. Auch hier wird der Oberkörper freigemacht. Der Patient steht aufrecht, wobei die rechte Schulter dem Stativ anliegt. Die Schultern sollten möglichst weit nach vorne gebracht werden um eine Überlagerung der oberen Wirbelsäule durch Schulterblätter und Schulterweichteile möglichst zu reduzieren. Es sollte jedoch eine unnatürliche Wirbelsäulenhaltung vermieden werden. Die Hände des Patienten liegen am besten auf einem befestigten Hügel bzw. Umgreifen diesen. Der obere Kassettenrand wird auf Höhe des 6. Halswirbels positioniert. Der Zentralstrahl senkrecht auf die Kassettenmitte. Während der Belichtung soll der Patient flach atmen.



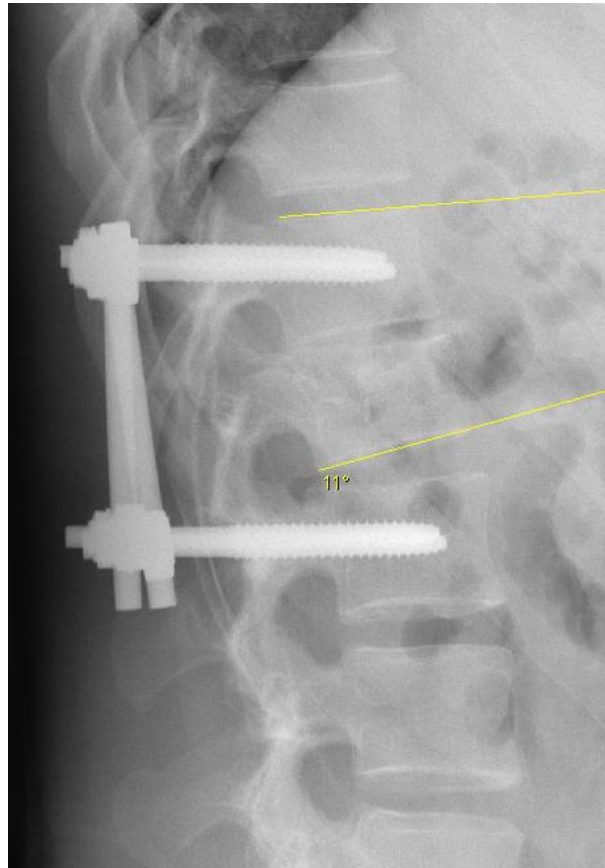
Die Aufnahme des thorakolumbalen Übergangs anterior-posterior erfolgt entweder stehend oder auf dem Rücken liegend im Format 20/40 (Statik), 24/30 (Zielaufnahme). Der Patient entkleidet sich bis auf die Unterhose. Er hält die Arme parallel zum Körper und die Beine gestreckt. Der Zentralstrahl ist senkrecht auf den 12. Brustwirbel und auf Kassettenmitte.



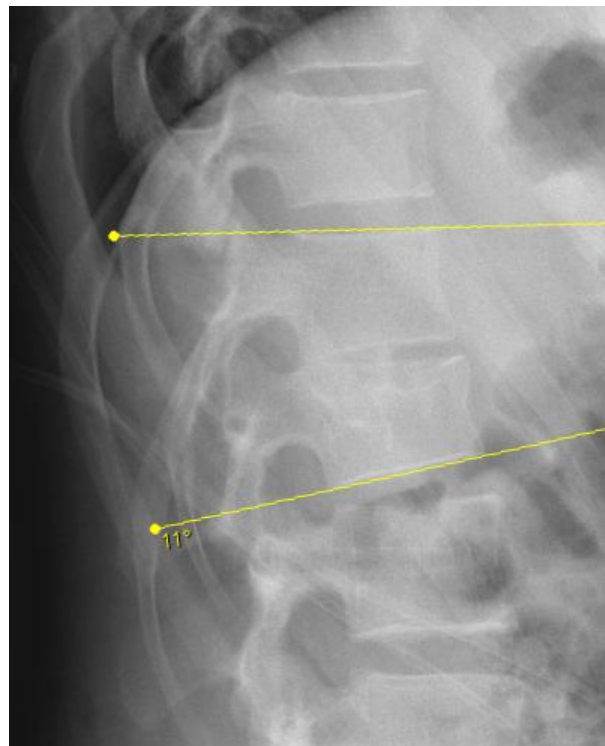
Bei der Röntgenaufnahme des thorakolumbalen Überganges im seitlichen Strahlengang werden die Einstellung vorgenommen wie beim anterior-posterioren Strahlengang, wobei der Patient entweder beim Stehen mit der rechten Schulter am Stativ anliegt und die Arme nach vorne gebracht werden, entsprechend der Röntgenaufnahme BWS im seitlichen Strahlengang, oder in Linksseitenlage



Die Bestimmung des Kyphosewinkels bzw. Lordosewinkels erfolgte in dem der kraniale Wirbel und der gebrochene Wirbel bzw. von den beiden verblockten Wirbeln der Winkel gemessen wurde den die Deckplatte und die Grundplatte einschließen. Dieser Winkel wurde, sofern möglich, präoperativ gemessen. Er wurde bei allen Patienten jedoch direkt postoperativ gemessen und nach Metallentfernung bzw. falls Metall noch nicht entfernt war am Untersuchungstermin. Der etwaige Repositionsverlust von primär erreichtem Winkel zu dem Winkel, der nach der Metallentfernung vorlag wurde anschließend als Differenz dieser beiden Winkel berechnet.



(eigenes Bildmaterial)

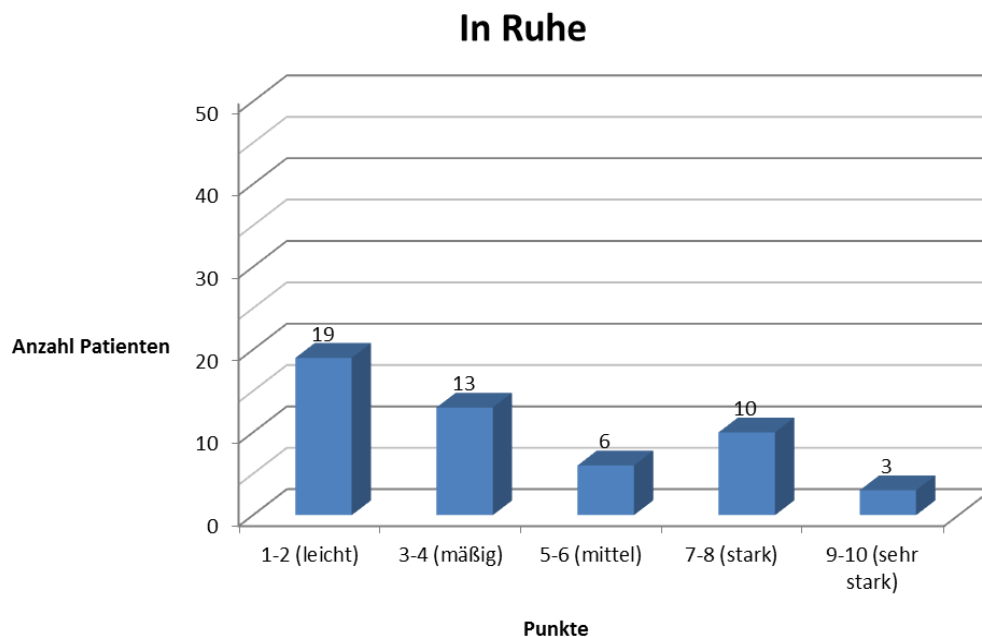


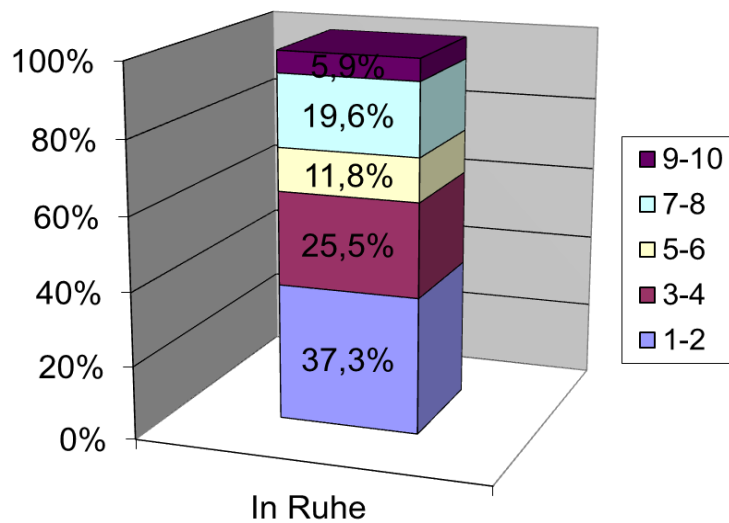
(eigenes Bildmaterial)

### 3. Ergebnisse

#### 3.1 VAS-Wirbelsäulenscore

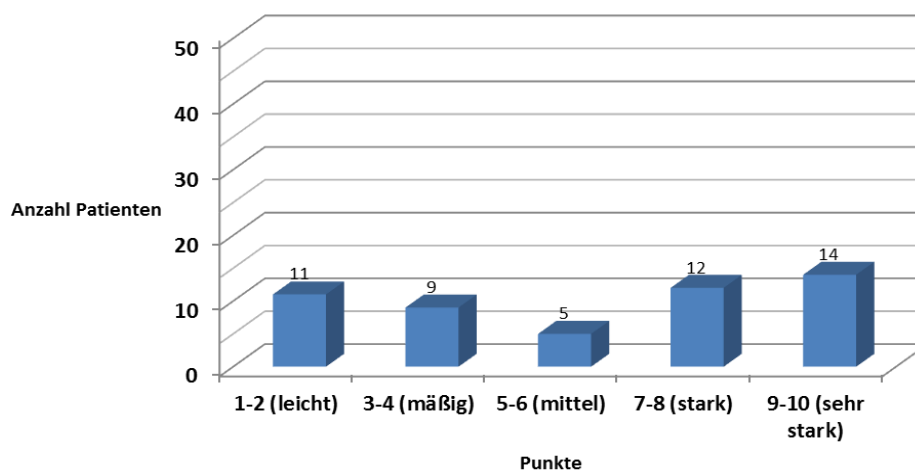
Bei der Auswertung des VAS-Wirbelsäulen-Scores gaben 19 Patienten aus dem Kollektiv an in Ruhe nur leicht Beeinträchtigt zu werden. Dies entspricht 37,3%. Die mäßige Beeinträchtigung in Ruhe gaben 13 Patienten an (25,5%). 6 Patienten aus dem Kollektiv entsprechen 11,8% gaben an mittelstark Beeinträchtigt zu werden. 10 Patienten, dies entspricht 19,6%, gaben an in Ruhe eine starke Beeinträchtigung zu verspüren und lediglich 3 Patienten, diese entspricht bei unserem Kollektiv 5,9%, gaben an eine sehr starke Beeinträchtigung in Ruhe zu erfahren. Der Mittelwert betrug 4,08 bei einer Standardabweichung von 2,78.

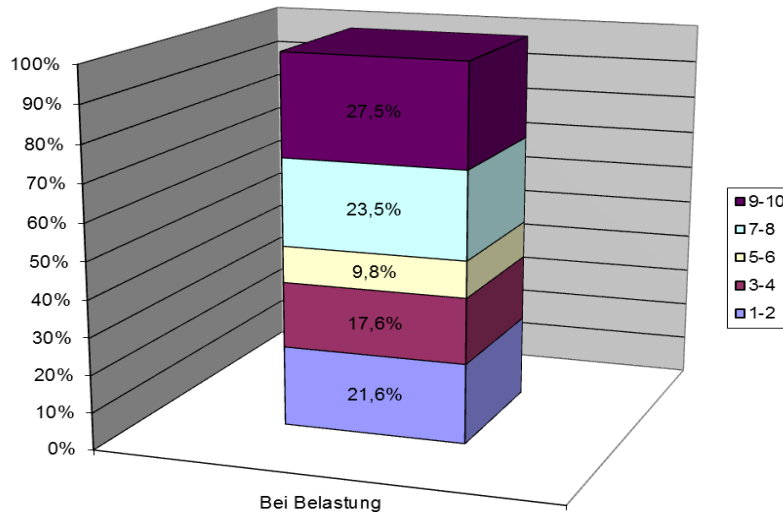




Bei der Befragung bezüglich der Beeinträchtigung unter Belastung gaben 11 Patienten unseres Kollektivs an eine leichte Beeinträchtigung zu verspüren, dies entspricht 21,6%. 9 Patienten berichteten mäßig beeinträchtigt zu sein bei Belastung, dies entspricht 17,6%. 5 Patienten der 51 Probanden gaben an mittelstark beeinträchtigt zu sein (9,8%). 12 Probanden berichteten eine starke Beeinträchtigung bei Belastung zu erfahren, dies entspricht 23,5% und 14 Patienten unseres Kollektivs, entsprechen 27,5%, gaben an bei Belastung eine sehr starke Beeinträchtigung zu verspüren. Der Mittelwert betrug 6 bei einer Standardabweichung von 3,19.

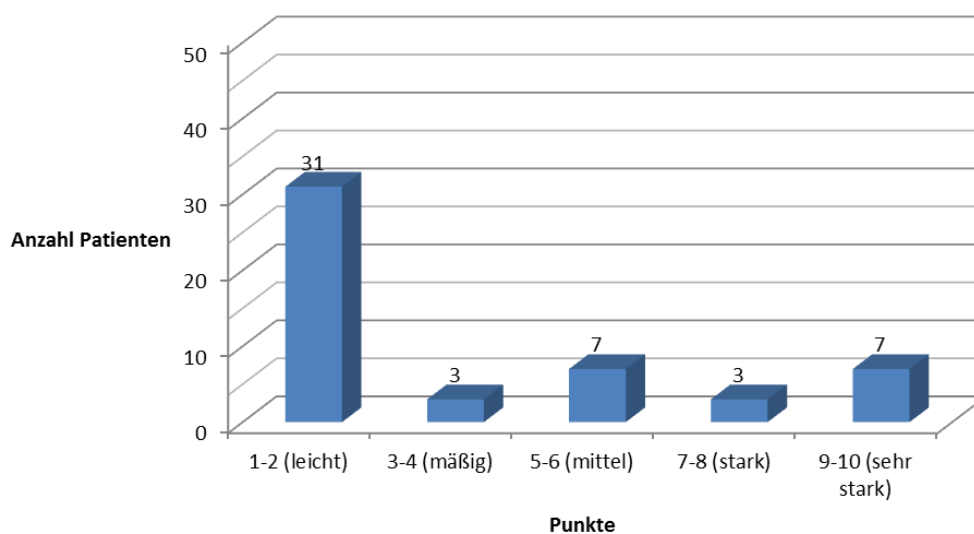
### Bei Belastung

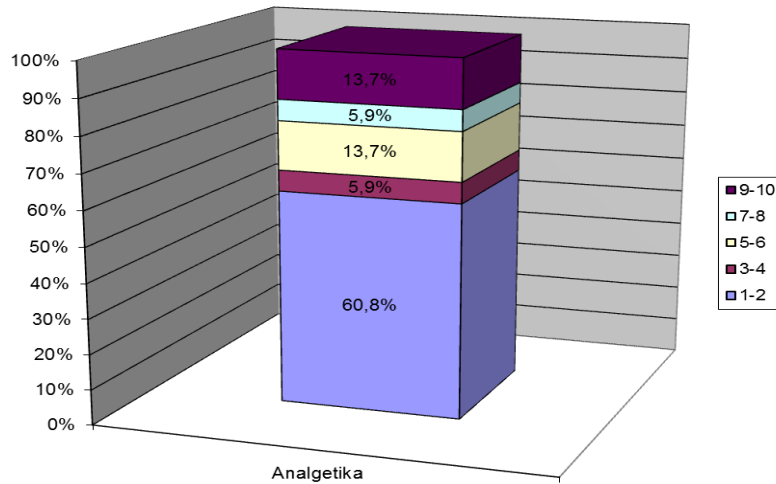




Bezüglich der Analgetikaeinnahme berichteten 31 Patienten nur wenige Analgetika einzunehmen, dies entspricht 60,8%. 3 Patienten gaben an gelegentlich Analgetika einzunehmen, dies entspricht knapp 6%. 7 Patienten unseres Kollektivs gaben an regelhaft Analgetika einzunehmen, dies entspricht 13,7%. 3 Patienten berichteten über eine konsequente Analgetikaeinnahme, dies entspricht 5,9% und 7 Patienten (13,7%) gaben an nie ohne Analgetika auszukommen. Der Mittelwert betrug 3,59 bei einer Standardabweichung von 3,13.

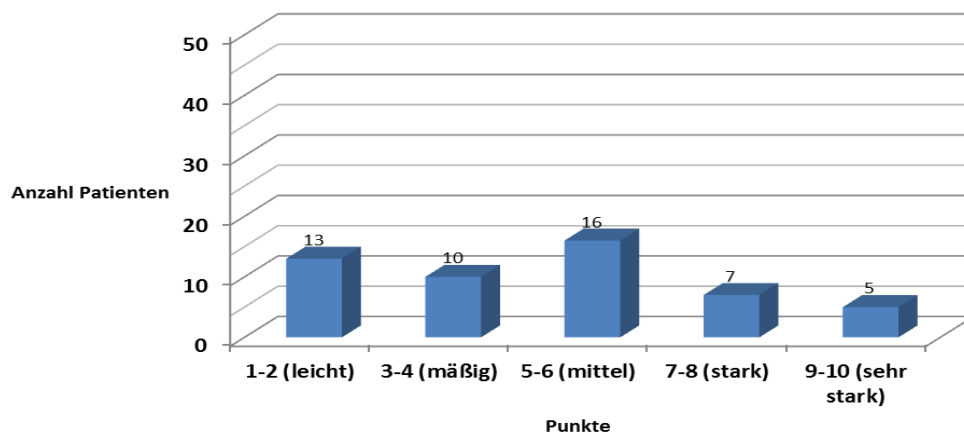
## Analgetika

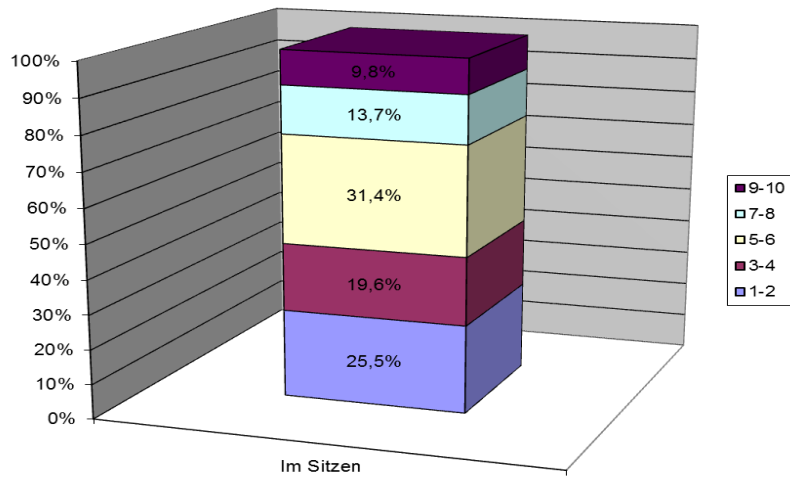




Auf die Frage hinsichtlich der Beeinträchtigung im Sitzen antworteten 13 Patienten, dies entspricht 25,5%, lediglich leicht beeinträchtigt zu sein. 10 Patienten von 51, dies entspricht 19,6%, gaben an mäßig beeinträchtigt zu sein. 16 Patienten, dies entspricht 31,4%, gaben an mittelstark beeinträchtigt zu sein. 7 Patienten, entsprechen 13,7%, berichteten über eine starke Einschränkung im Sitzen und 5 Patienten, entsprechen 9,8% unseres Kollektivs, gaben an eine sehr starke Beeinträchtigung im Sitzen zu erfahren. Dies entspricht insgesamt einem Mittelwert von 4,63 bei einer Standardabweichung von 2,54

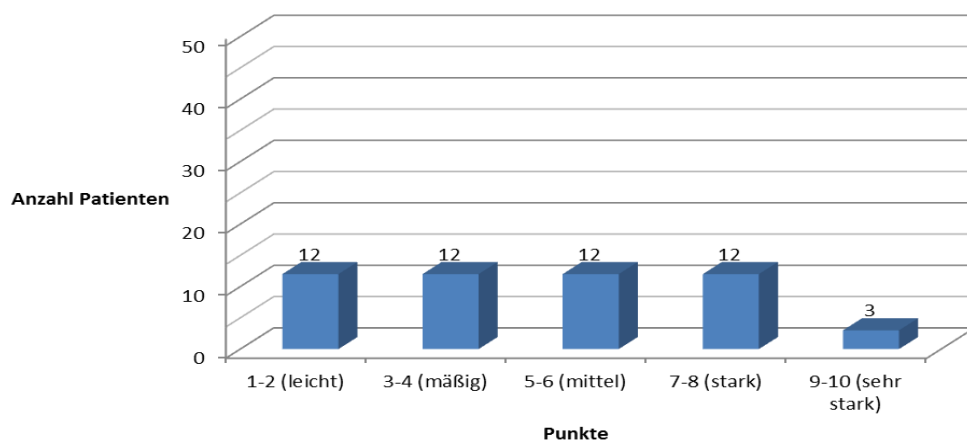
### Im Sitzen

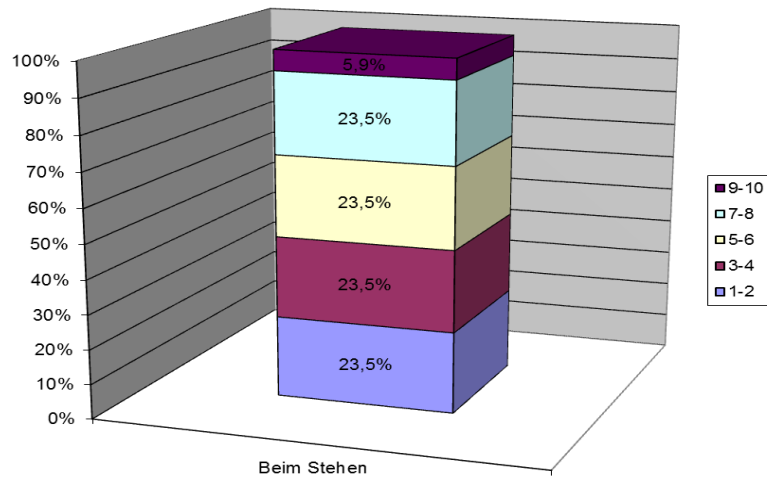




Befragt zu der Beeinträchtigung im Stehen gaben 23,5% der befragten Patienten, dies entspricht 12 Probanden, an keine bis lediglich eine leichte Einschränkung zu verspüren. Ebenfalls 23,5% (12 Probanden) gaben an eine mäßige Einschränkung zu verspüren. Erneut 23,5% (12) der Probanden unseres untersuchten Kollektivs haben an eine mittelstarke Einschränkung zu verspüren und ebenfalls 23,5% (12) gaben an eine starke Einschränkung zu verspüren und lediglich 3 Probanden, entsprechen 5,9%, berichteten über eine sehr starke Beeinträchtigung durch Schmerzen beim Stehen. Der Mittelwert betrug 4,78 bei einer Standardabweichung von 2,57.

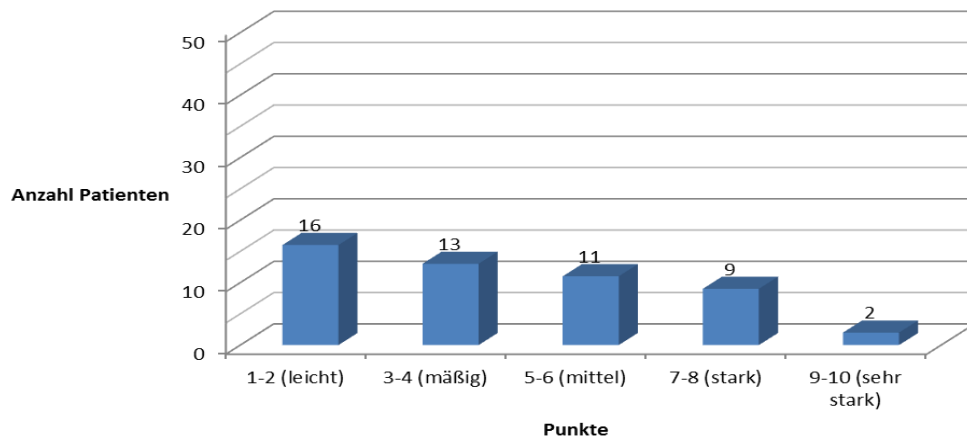
### Beim Stehen

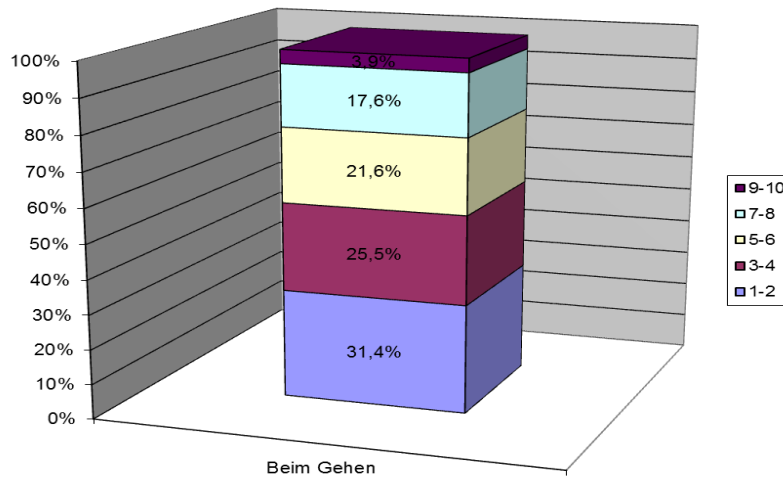




Befragt zu der schmerzbedingten Einschränkung beim Gehen gaben 16 Probanden, dies entspricht 31,4%, an lediglich eine leichte Einschränkung zu verspüren. 13 Probanden, entsprechen 25,5% gaben an eine lediglich mäßige Einschränkung zu verspüren. 11 Probanden (21,6%) berichteten eine mittelstarke Einschränkung zu verspüren. 9 Probanden, entsprechen 17,6%, gaben an stark eingeschränkt zu sein durch die Schmerzen beim Gehen und lediglich 2 Probanden, entsprechen 3,9%, berichteten über eine sehr starke schmerzbedingte Einschränkung beim Gehen. Der Mittelwert lag hier bei 4,16 bei einer Standardabweichung von 2,52.

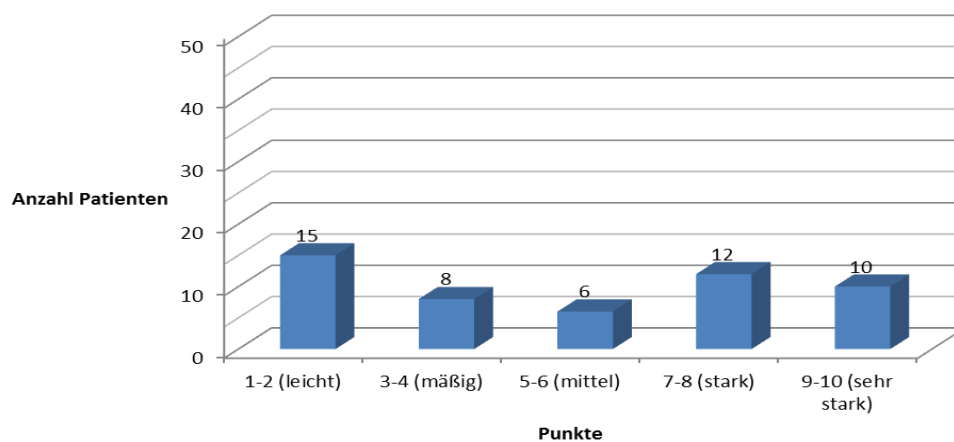
### Beim Gehen

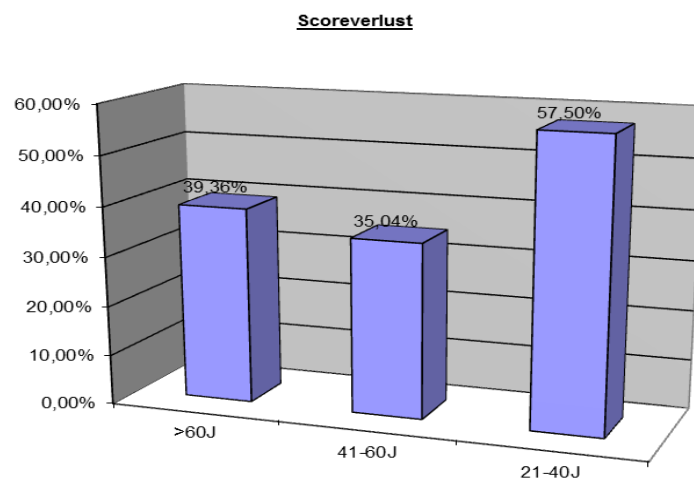
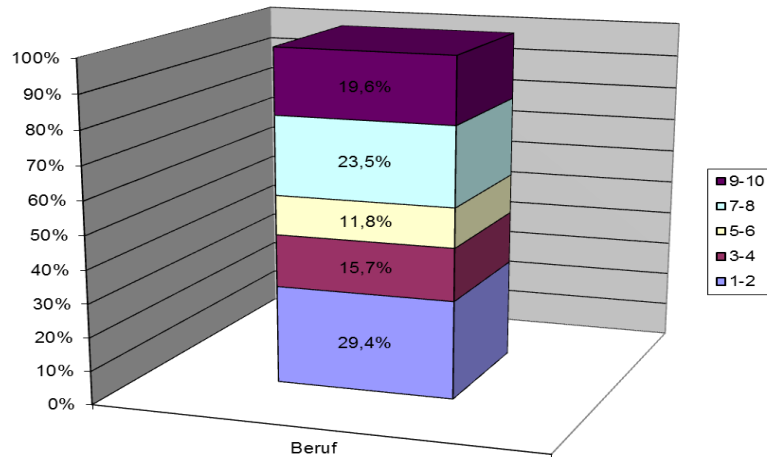




Über die Auswirkung auf ihre berufliche Tätigkeit bzw. Tätigkeit im Haushalt berichteten 15 Patienten, entsprechen knapp 30%, über eine minimale bis leichte Einschränkung im Berufsleben bzw. bei der Hausarbeit. 8 Probanden, entsprechen knapp 16%, gaben an eine mäßige Beeinträchtigung zu verspüren. 6 Probanden, entsprechen knapp 12%, berichteten über eine mittelstarke und 12 Probanden, entsprechen 23,5%, über starke Einschränkung im ihrem Berufsleben. 10 Probanden, entsprechen knapp 20%, berichteten sogar über eine sehr starke Einschränkung in ihrer Berufsausübung. Der Mittelwert betrug 5,18 bei einer Standardabweichung von 3,39.

### Beruf

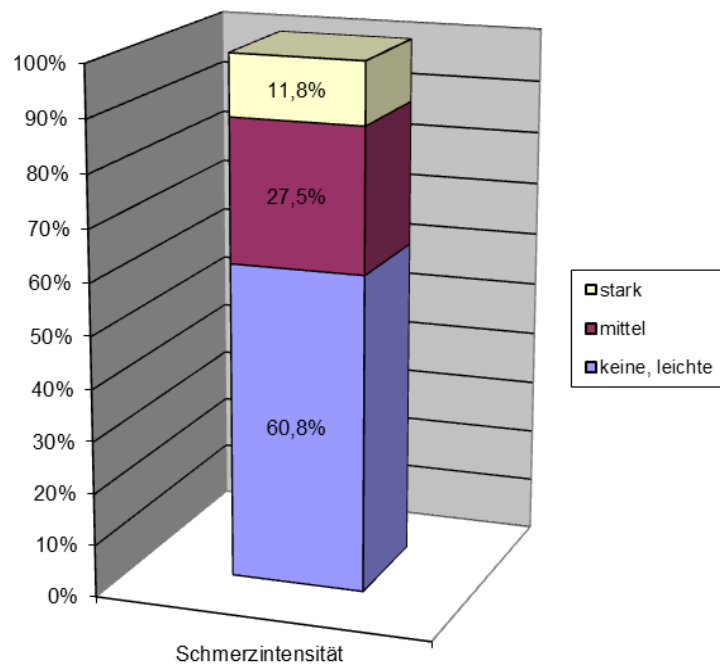
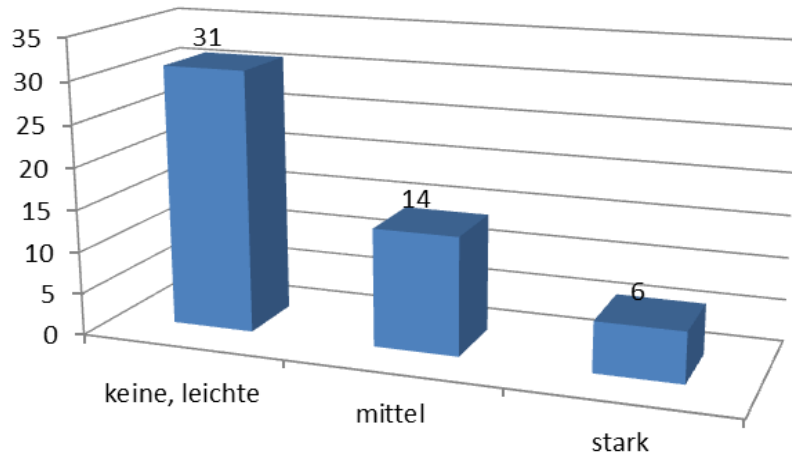




### 3.2. Modified Oswestry Low Back Pain Disability Index

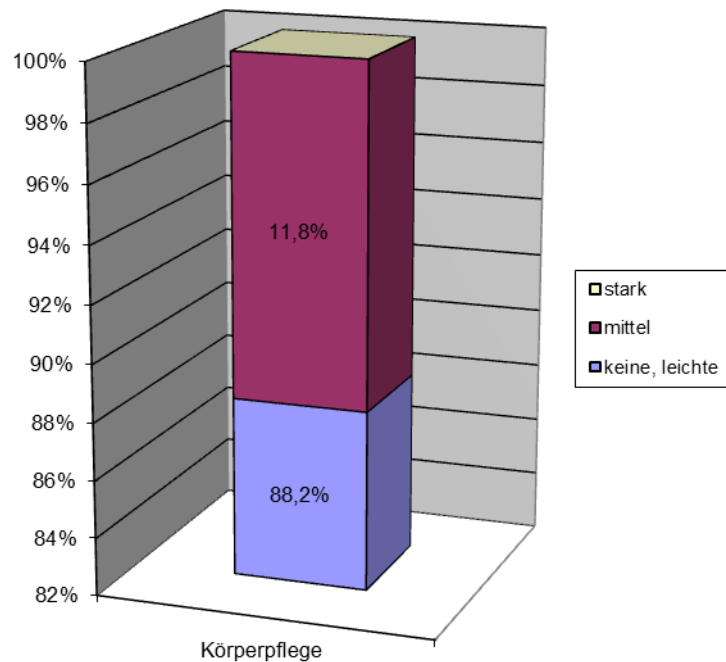
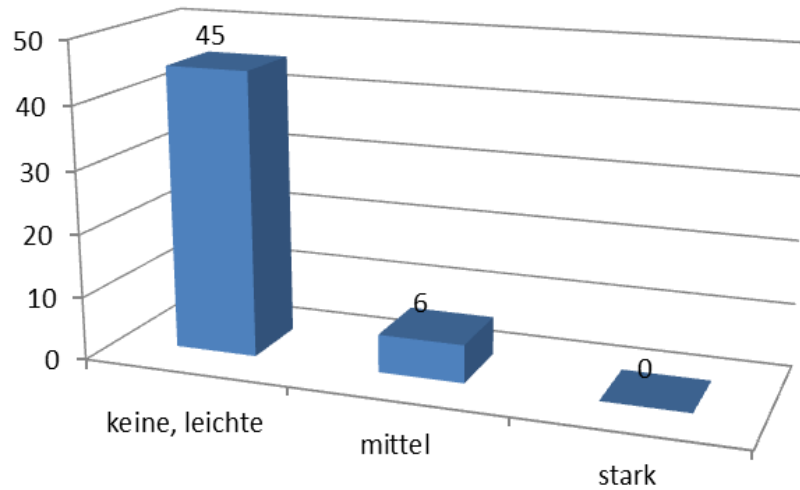
Bei der Auswertung des Modified Oswestry Low Back Pain Disability Index / Questionnaire gaben 31 Patienten des befragten Kollektivs entsprechend 60,8% keine oder nur leichte Schmerzintensität an. 14 Patienten, entsprechen 27,5%, beklagten mittelstarke Schmerzen und lediglich 11,8%, entsprechend 6 Patienten, beklagten starke Schmerzen.

## Schmerzintensität



Betreffend der Körperpflege befragt gaben 88,2% der Patienten an, dies entspricht 45 Patienten, keine oder nur leichte Einschränkungen bei der Körperpflege zu verspüren. 11,8%, entsprechend 6 Patienten, gaben eine mittelstarke Einschränkung bei der Körperpflege an.

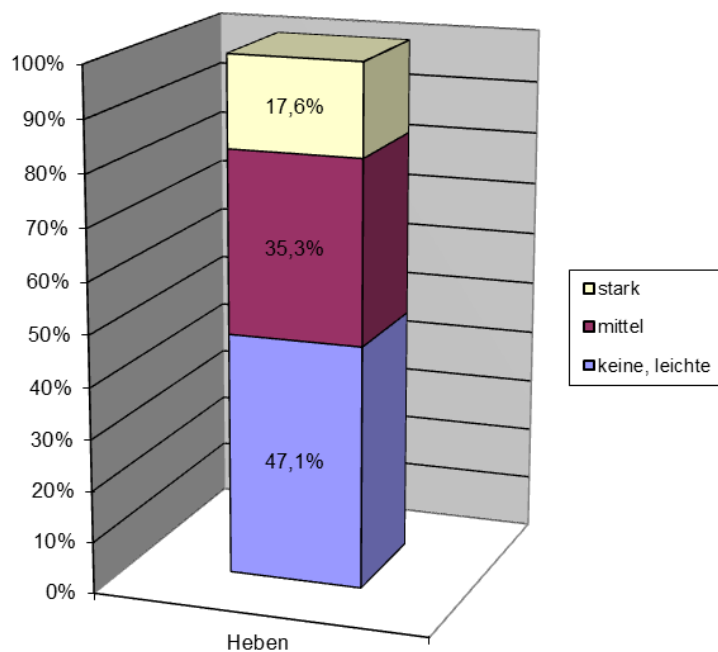
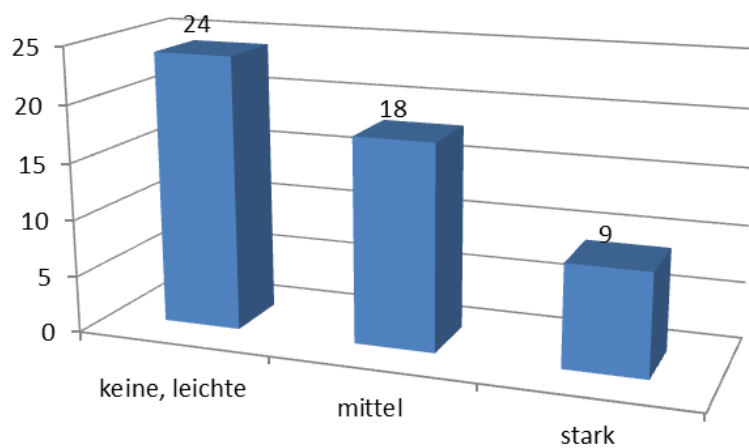
## Körperpflege



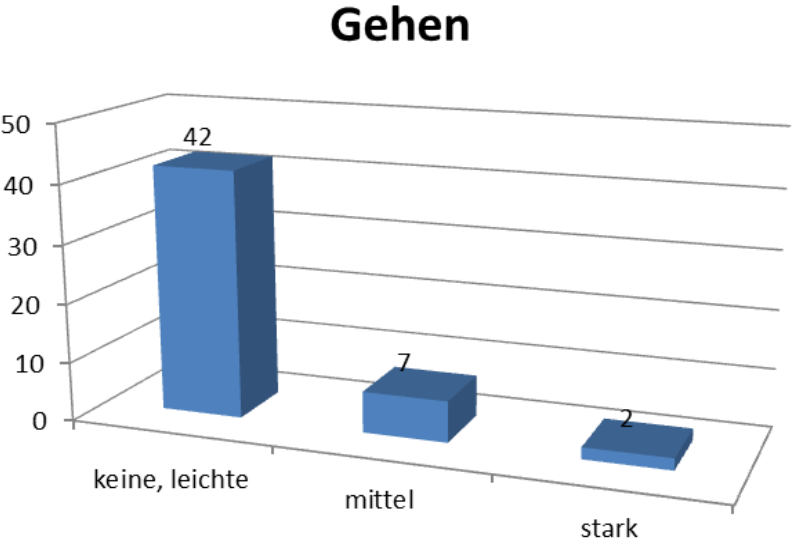
Bezüglich der Einschränkung beim Heben von Lasten gaben 24 Patienten an, dies entspricht 47,1%, keine oder nur eine leichte Einschränkung zu verspüren. 35,3%, dies entspricht 18 Patienten, beklagten eine mittelstarke Einschränkung. 9 Patienten,

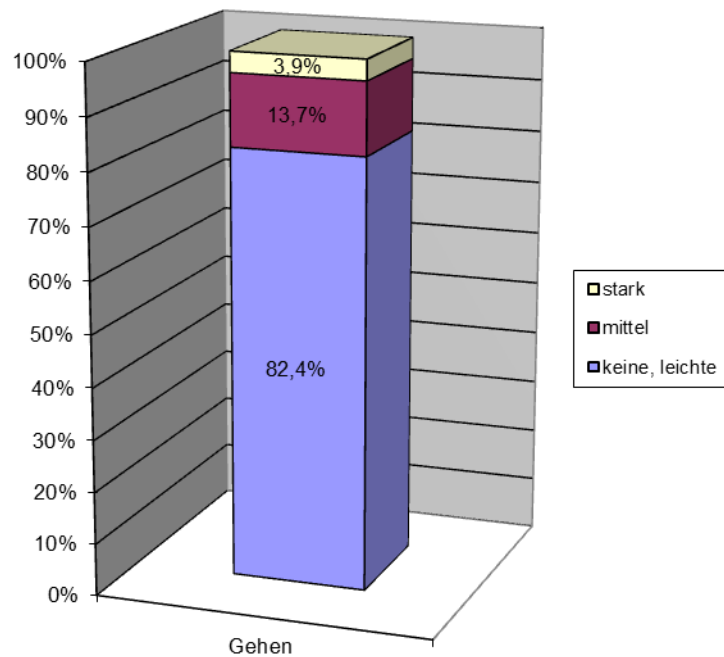
entspricht 17,6%, gaben an unter einen starken bis sehr starken Einschränkung zu leiden.

## Heben



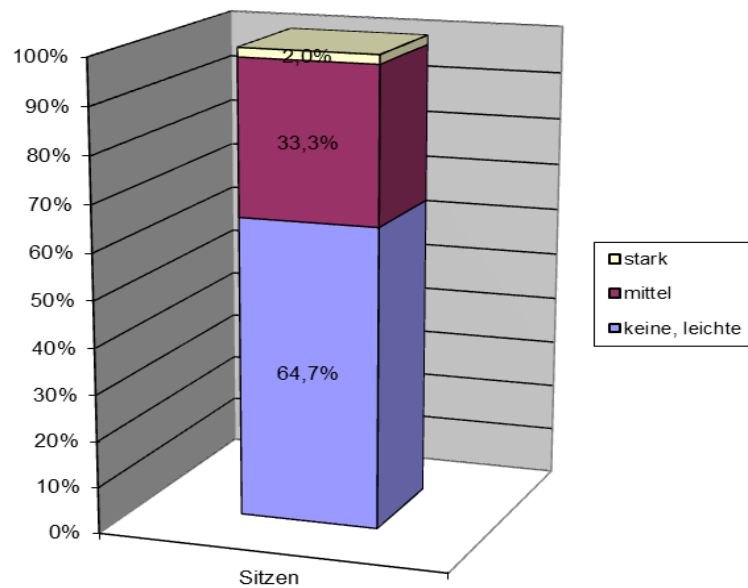
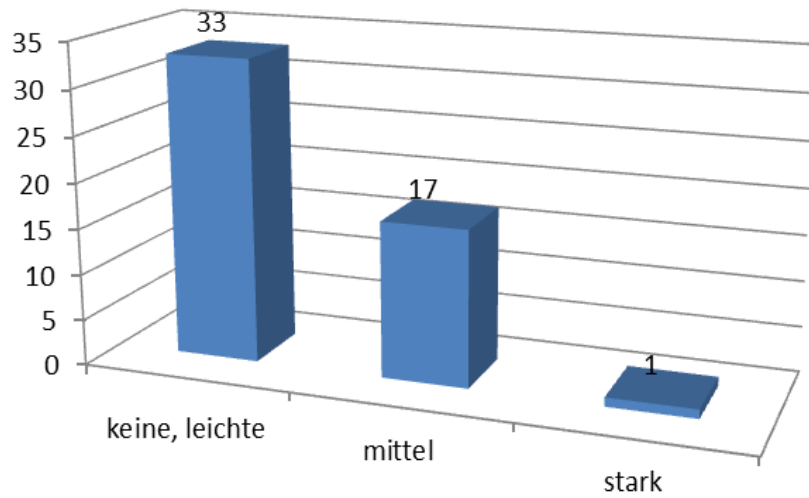
Bei der Befragung des Kollektivs bezüglich der Einschränkung beim Gehen berichteten 82,4% keine oder nur leichte Einschränkung zu verspüren, dies entspricht 42 Patienten. 7 Patienten, entsprechen 13,7%, beklagten eine mittlere Einschränkung und nur 3,9%, dies entspricht 2 Patienten, beklagten eine starke bis sehr starke Einschränkung beim Gehen.





Befragt zu ihrer Einschränkung in ihrer Fähigkeit längere Zeit zu sitzen gaben 64,7% unseres Patientenkollektivs an, dies entspricht 33 Patienten, keine oder nur leichte Einschränkung beim Sitzen zu verspüren. Dies entspricht der Fähigkeit, über längere Zeit ohne größere Probleme sitzen zu können. 33,3% der befragten Patienten, dies entspricht 17 Patienten, berichteten über eine mittelstarke Einschränkung bei längerem sitzen. Dies bedeutet, dass die Patienten zwar relativ ohne Probleme sitzen können, dies jedoch zeitlich beschränkt. Dann treten stärkere Schmerzen auf. Lediglich 2%, entspricht 1 Patient, gab an beim Sitzen so stark eingeschränkt zu sein, dass er nahezu nicht in der Lage ist zu Sitzen.

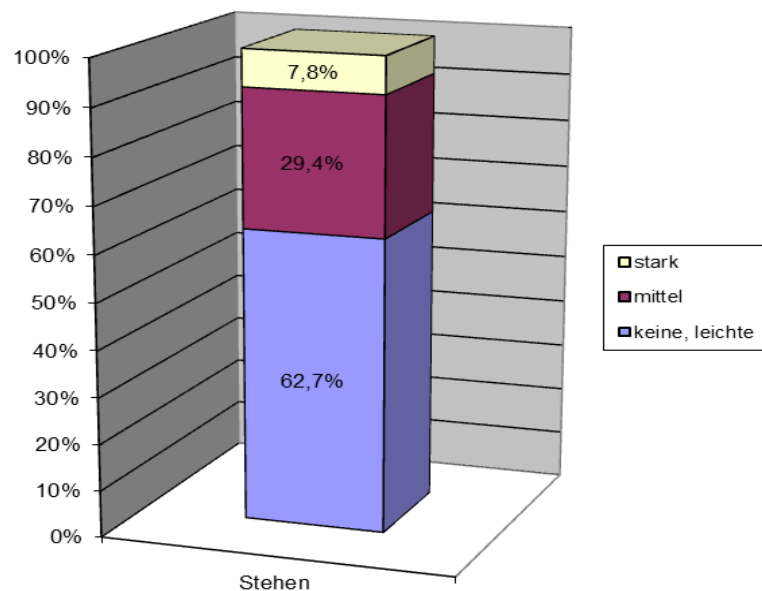
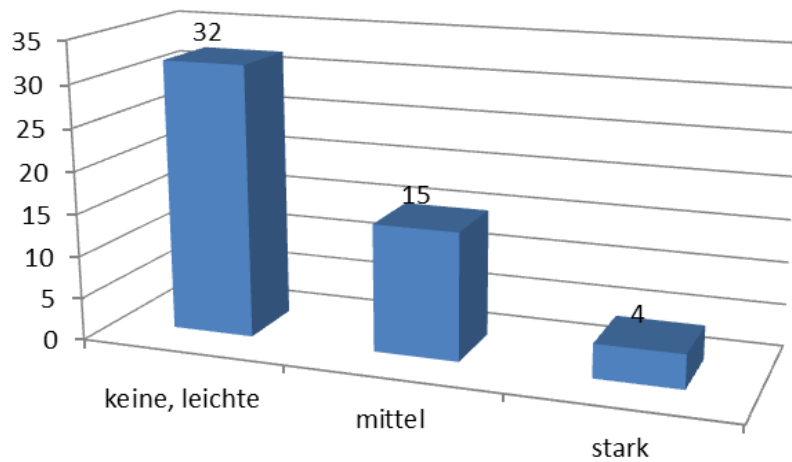
## Sitzen



Bezüglich der schmerzbedingten Einschränkung beim Stehen gaben 32 Patienten unseres Kollektivs an, dies entspricht 62,7%, keine bis nur leichte Einschränkungen zu verspüren. 15 Patienten, dies entspricht 29,4%, berichteten über eine mittelstarke Einschränkung beim Stehen. Dies bedeutet, dass sie zwar in der Lage sind auf einer Stelle zu stehen, dies jedoch nicht unbegrenzt möglich ist und aufgrund von Schmerzen dann beendet werden muss. 4 Patienten, dies entspricht 7,8% unseres Kollektivs gaben an, sehr stark beeinträchtigt zu sein. Das bedeutet, dass sie nicht

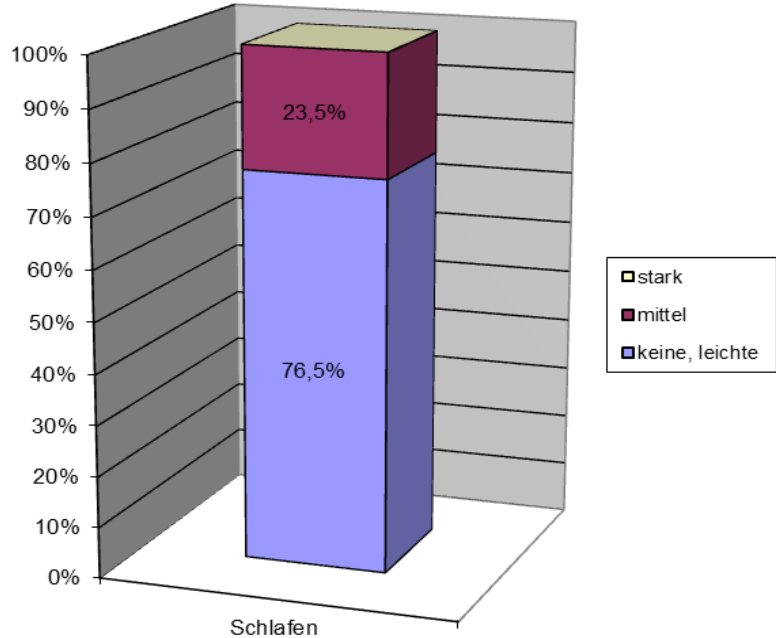
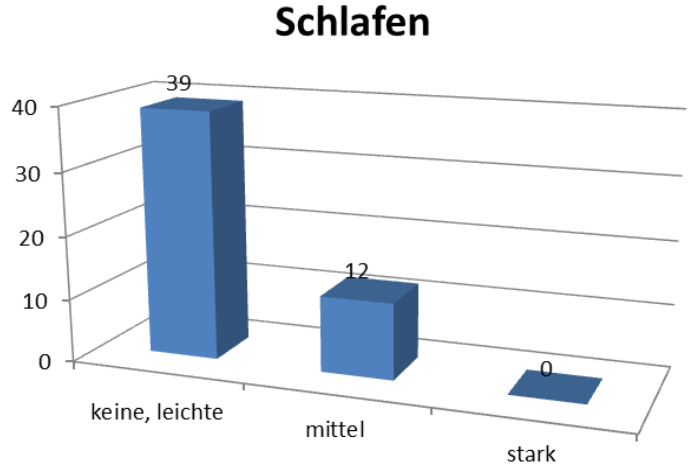
oder nur kurzzeitig in der Lage sind, auf einer Stelle zu stehen, sie müssen sich dann hinsetzen oder hinlegen.

## Stehen



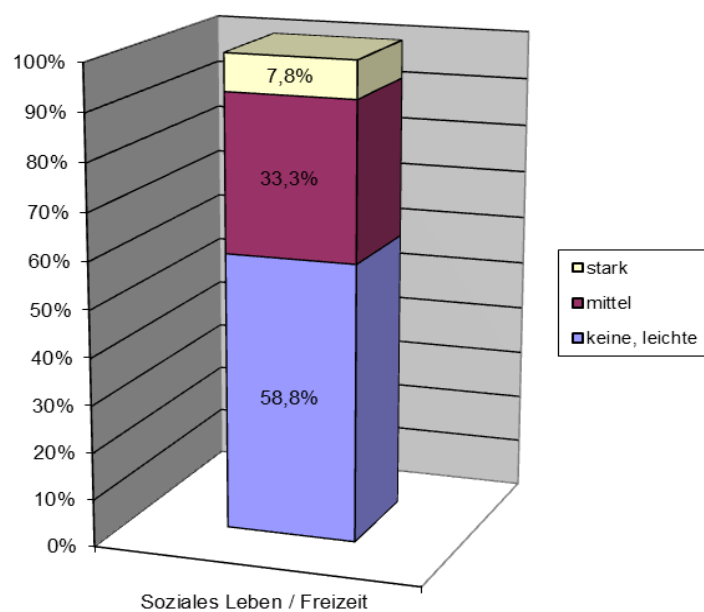
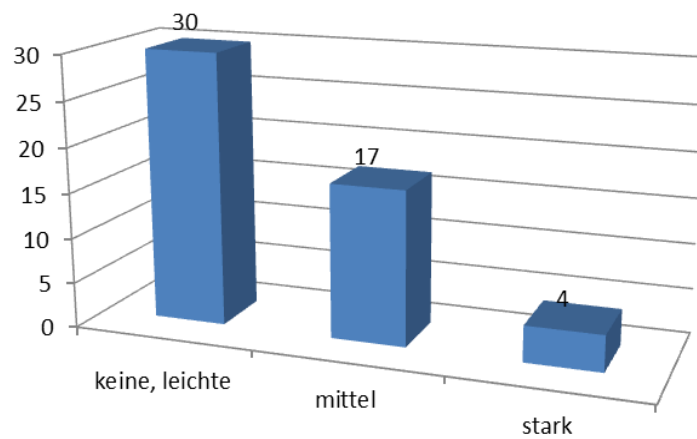
Bei der Befragung unserer Patienten bezüglich der Beeinträchtigung beim Schlafen gaben 76,5% an, dies entspricht 39 Patienten, keine bis nur geringgradige Beeinträchtigung beim Schlafen zu verspüren, dass heißt 1-2 Mal aufwachen pro

Nacht. 23,5% gaben an, dies entspricht 12 Patienten, eine mittlere Einschränkung beim Schlafen zu erfahren, dass heißt mehrfaches Aufwachen in der Nacht beim Umdrehen. Keiner der Patienten klagte über starke oder sehr starke Einschränkungen beim Schlafen.



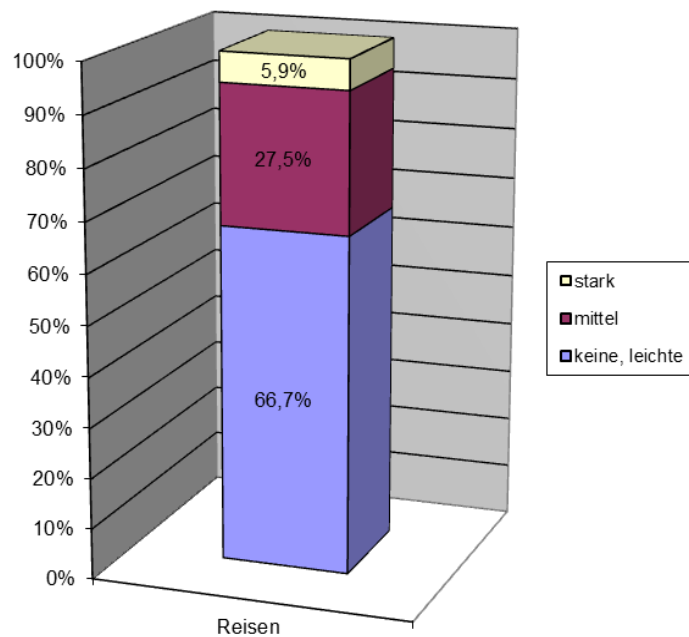
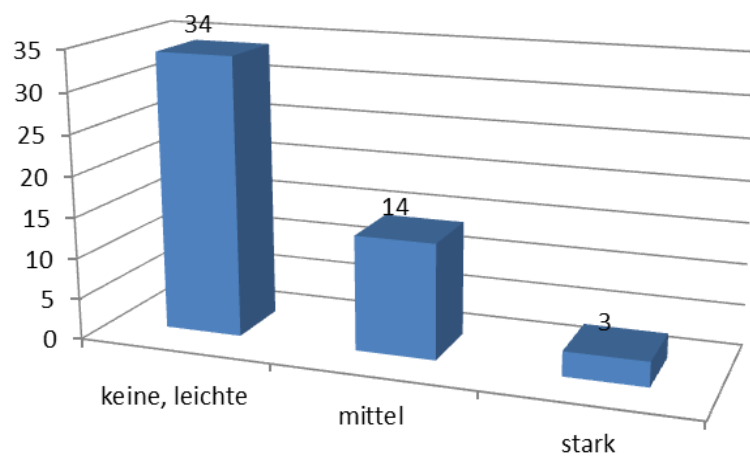
Bezüglich des sozialen Lebens und des Freizeitverhaltens berichteten 58,8%, dies entspricht 30 Patienten unseres Kollektivs, keine oder nur sehr leichte Einschränkungen zu erfahren. 33,3% der befragten Patienten, dies entspricht 17, gaben an, mittelstarke Einschränkungen in ihrem sozialen Leben und in ihrem Freizeitverhalten zu verspüren und lediglich 7,8%, dies entspricht 4 Patienten, beklagten eine starke bis sehr starke Einschränkung in ihrem Freizeitverhalten bzw. in ihrem sozialen Leben.

### Soziales Leben / Freizeit



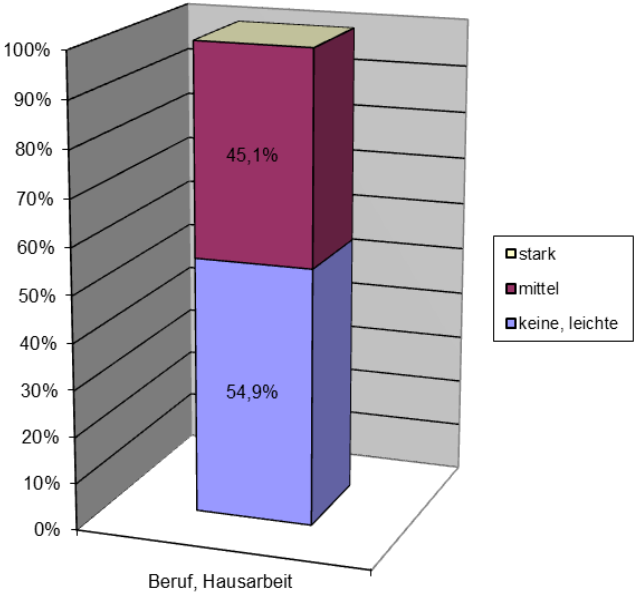
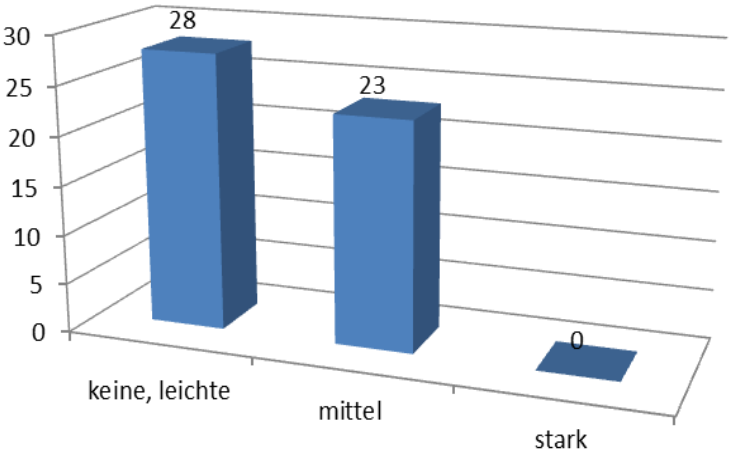
Bei der Einschränkung beim Reisen gaben 66,7% unseres Kollektivs an, dies entspricht 34 Patienten, keine bzw. eine leichte Einschränkung beim Reisen zu verspüren, das heißt nach 3-4 Stunden einer Pause mit der Notwendigkeit kurz umherzugehen. 27,5%, dies entspricht 14 Patienten unseres Kollektivs, beklagten eine mittelstarke Einschränkung in der Fähigkeit über längere Zeit z.B. in einem Reisebus zu sitzen. Eine starke bis sehr starke Einschränkung in der Möglichkeit zum Verreisen gaben 3 Patienten unseres Kollektivs an, dies entspricht 5,9%.

## Reisen



Befragt zu der Einschränkung im Beruf bzw. bei der Hausarbeit gaben knapp 55% unseres Kollektivs an, dies entspricht 28 Patienten, keine bzw. eine leichte Einschränkung zu verspüren. 45,1% der Befragten, dies entspricht 23 Patienten, berichten über eine mittelstarke Einschränkung bei der Berufsausübung bzw. bei der Hausarbeit. Kein einziger Patient beklagte eine starke oder sehr starke Einschränkung.

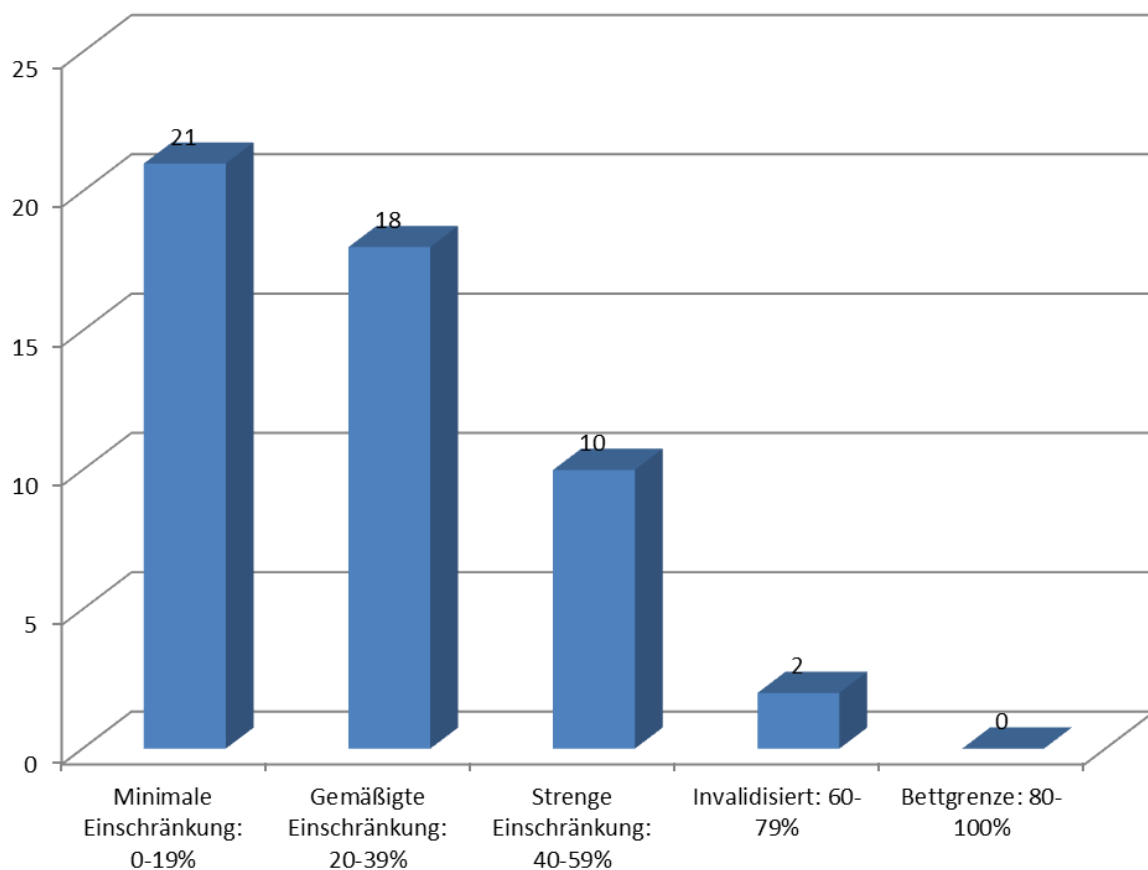
### Beruf, Hausarbeit



Insgesamt über den ODI betrachtet zeigen 21 Patienten unseres Kollektivs eine minimale Einschränkung zwischen 0° und 19°. 18 Patienten bieten eine gemäßigte Einschränkung zwischen 20° und 39°. 10 Patienten bieten eine strenge Einschränkung oder starke Behinderung zwischen 40° und 59°. 2 Patienten sind invalidisiert mit einer sehr starken Behinderung und 0 Patienten unseres Kollektivs sind bettlägerig.

### Gesamtverteilung der Patienteneinschränkung

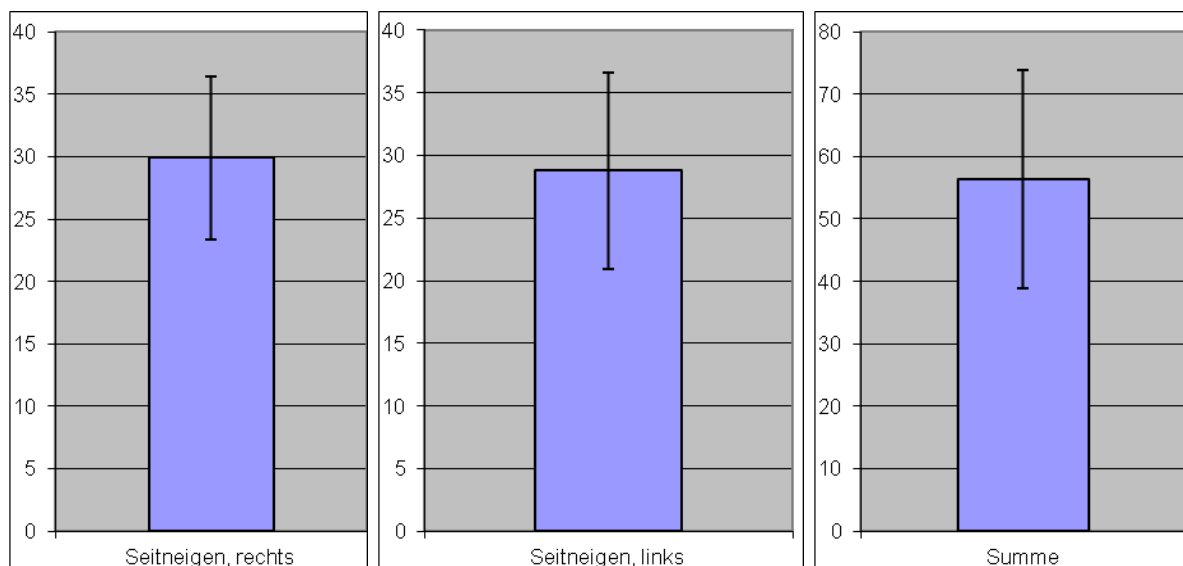
#### Anzahl der Patienten:



### 3.3. Neutral-Null-Methode

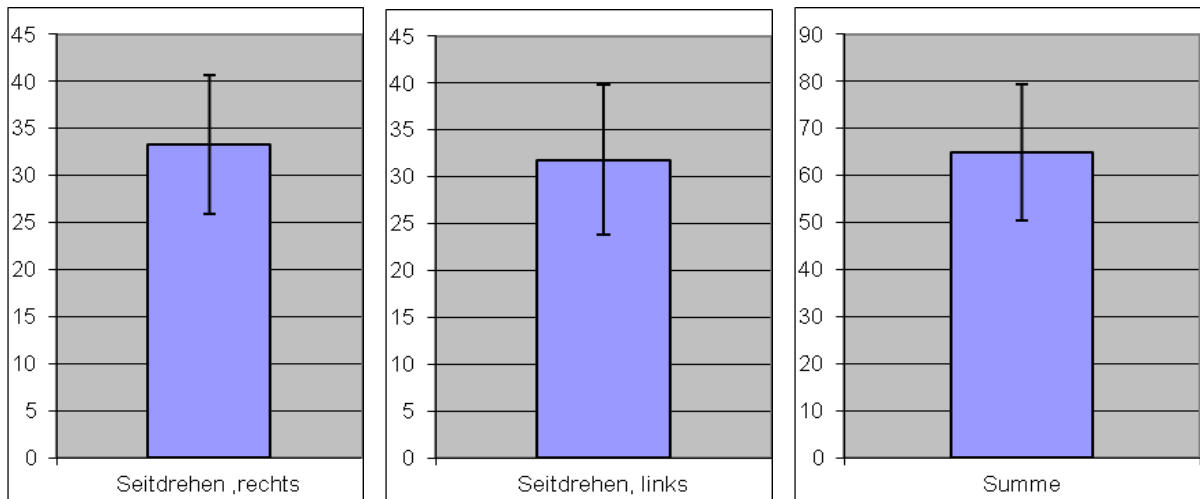
#### 3.3.1 Seitneigen

Bei der klinischen Untersuchung nach der Neutral-Null-Methode zeigte sich bezüglich der Fähigkeit zur Seitneigung ein Mittelwert von  $29,9^\circ$  nach rechts bei einer Standardabweichung von  $6,49$ . Die Seitneigung nach links betreffend zeigt sich ein Mittelwert von  $28,8^\circ$  bei einer Standardabweichung von  $7,81$ . Die Summe der Beweglichkeit die Seitneigung betreffend betrug in unserem Patientenkollektiv  $56,4^\circ$  bei einer Standardabweichung von  $17,41$ .



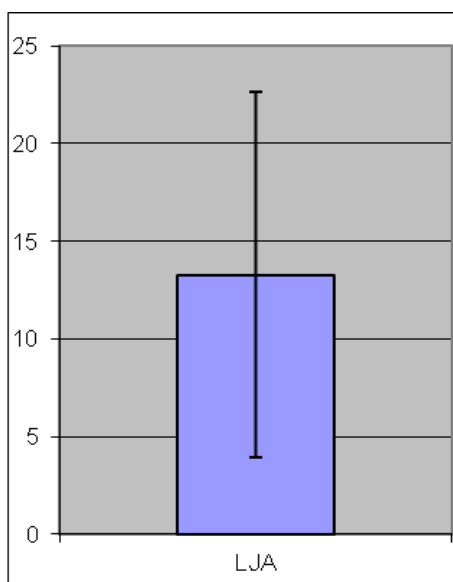
#### 3.3.2 Seitdrehen

Beim Seitdrehen nach rechts fanden wir in unserem Patientenkollektiv einen Mittelwert von  $33,2^\circ$  bei einer Standardabweichung von  $7,34$ . Beim Seitdrehen nach links fand sich ein Mittelwert von  $31,8^\circ$  bei einer Standardabweichung von  $7,99$ . In der Summe fand sich eine Beweglichkeit das Seitdrehen betreffend von  $65^\circ$  bei einer Standardabweichung von  $17,46$  in unserem Patientenkollektiv.



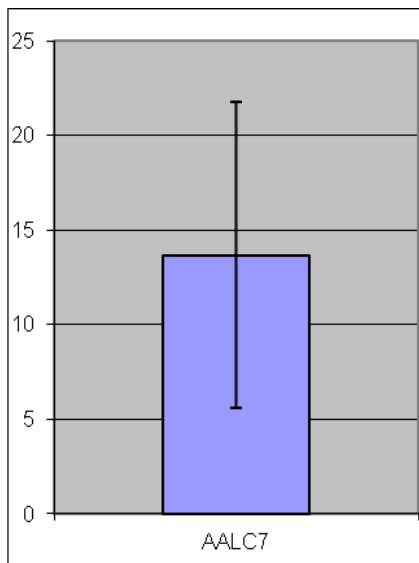
### 3.3.3 Liege-Jugulumabstand

Bei der Untersuchung bezüglich der Fähigkeit, sich ohne Zuhilfenahme der Arme den Oberkörper von der Liege abzuheben, zeigte sich ein Liegen-Jugulum-Abstand im Mittel vom 13cm bei einer Standardabweichung von 9,34.



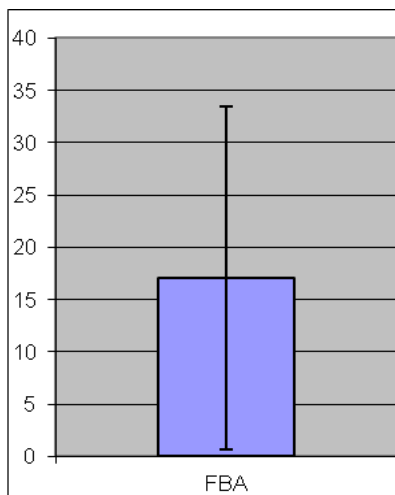
### 3.3.4 Aktives Aufrichten aus der Rückenlage

Bei der Untersuchung bezüglich der Fähigkeit, sich ohne Zuhilfenahme der Arme aktiv aus der Rückenlage aufzurichten, zeigte sich im Mittel ein Abstand von der Liegen zum Dornfortsatz des 7. Halswirbels von 13cm, bei einer Standardabweichung vom 8,10.



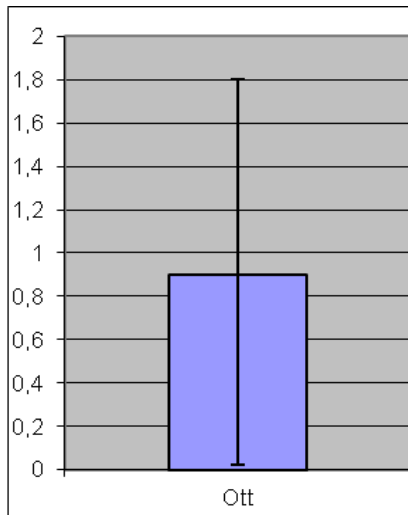
### 3.3.5 Finger-Boden-Abstand

Bei der Untersuchung zum Finger-Boden-Abstand fand sich bei unseren Patienten ein im Mittel 17cm bei einer Standardabweichung von 16,41.



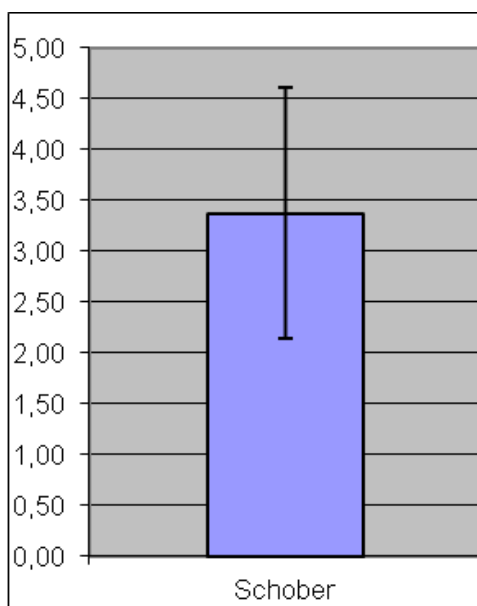
### 3.3.6 Ott'sche Messstrecke

Bei der Untersuchung nach Ott fand sich bezüglich der Beweglichkeit der Wirbelsäule beim nach vorn Neigen ein Mittelwert von 0,9cm bei einer Standardabweichung von 0,88.



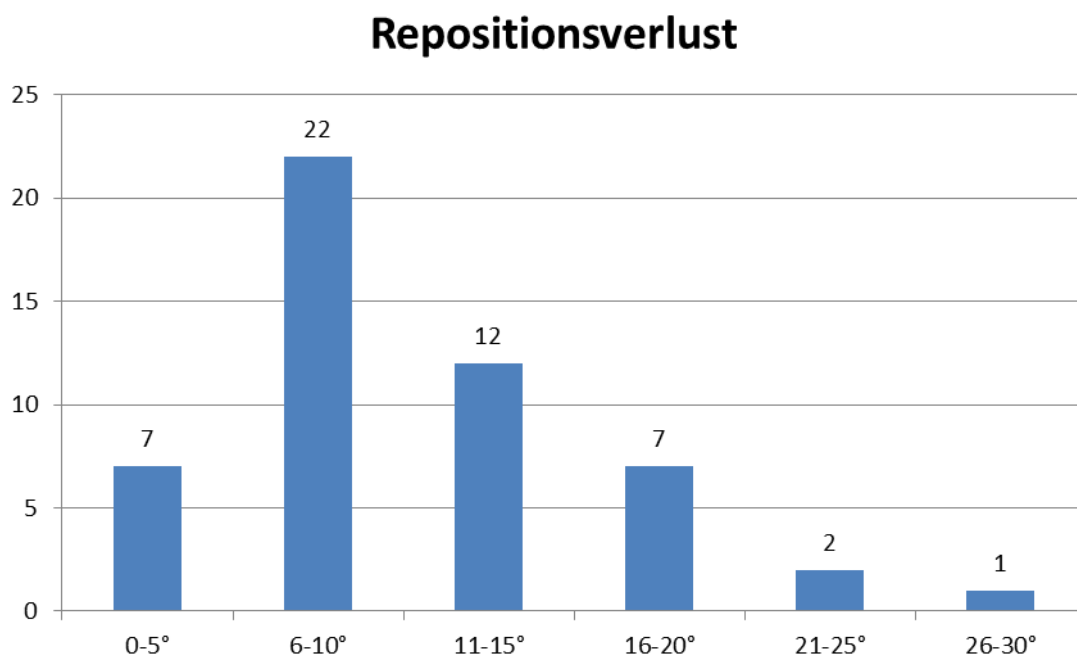
### 3.3.7 Schober-Zeichen

Bei der Untersuchung nach Schober fand sich beim Vornüber Neigen des Patienten eine Beweglichkeit der Wirbelsäule im Mittel von 3,4cm bei einer Standardabweichung von 1,23.



### 3.4 Radiologisches Ergebnis

Bei der radiologischen Nachuntersuchung unserer Patienten zeigte sich, dass 7 Patienten einen Repositionsverlust nach Metallentfernung bzw. zum Untersuchungszeitpunkt zwischen  $0^\circ$  und  $5^\circ$  aufwiesen. Dies entspricht einem Mittelwert von  $2,7^\circ$  bei einer Standardabweichung von 1,31. 22 Patienten zeigten einen Repositionsverlust von  $6^\circ$ - $10^\circ$ . Dies entspricht einem Mittelwert von  $7,7^\circ$  bei einer Standardabweichung von 1,07. 12 Patienten wiesen einen Repositionsverlust zwischen  $11^\circ$  und  $15^\circ$  auf. Dies entspricht einem Mittelwert von  $12,5^\circ$  bei einer Standardabweichung von 1,50. Einen Repositionsverlust zwischen  $16^\circ$  und  $20^\circ$  ließ sich bei 7 Patienten finden. Dies entspricht einem Mittelwert von  $17,1^\circ$  bei einer Standardabweichung von 1,56. 2 Patienten zeigten einen Repositionsverlust zwischen  $21^\circ$  und  $25^\circ$ . Dies entspricht einem Mittelwert von  $20,6^\circ$  bei einer Standardabweichung von 0,15. Und schließlich zeigte eine einzige Patientin einen Repositionsverlust von  $30^\circ$ .



## 4. Diskussion

Im Laufe der letzten 100 Jahre wurden, beginnend bei Albee und Hibbs im Jahre 1911, verschiedenste Methoden zur Stabilisierung und Fusionierung der Wirbelsäule entwickelt. Im Laufe der Jahrzehnte durchliefen diese Verfahren einen starken Wandel. Alleinige langstreckige dorsale Verfahren wurden zu Gunsten der dorsoventralen Stabilisierung verlassen. In den letzten Jahren haben minimalinvasive perkutane Verfahren für die dorsale Instrumentierung und die thorakoskopische Versorgung der ventralen Säule zunehmend an Bedeutung gewonnen. Heute stehen von verschiedenen industriellen Anbietern Titan Cages, expandierbar und nicht expandierbar, falls eine komplette Korporektomie durchgeführt wird sowie kleine Cages zum Bandscheibenersatz zur Verfügung. Ferner gilt die Interposition von autologem Knochen bzw. CS-Span-Interposition als Goldstandard.

In dieser Arbeit wurden unsere Ergebnisse bei ein- und zweiseitiger dorsoventraler Spondylodese mit Cage bzw. mit corticospongiösem-Span sowie minimalinvasive dorsale Fusionsoperation aufgearbeitet und mit der Literatur verglichen. Die funktionellen Ergebnisse und Restbeschwerden sowie die berufliche und soziale Reintegration wurden mit dem VAS-Wirbelsäulenscore erfasst. Die Patienten wurden des weiteren körperlich untersucht und die Reposition, sowie der etwaige Repositionsverlust in Röntgenaufnahmen gemessen.

Die Verteilung der Frakturlokalisierung in unserem Patientenkollektiv entsprach dem der Literatur (Reinhold M, Knob C, Weise R, 2009), wobei die Brustwirbelsäule 11x, der thorakolumbale Übergang 40x und die Lendenwirbelsäule ebenfalls 11x betroffen war.

## 4.1 Operationstechnik

Alle Patienten von uns wurden dorsoventral versorgt. Von unserem Patientenkollektiv erhielten 44 Patienten eine offene dorsale Instrumentierung und 7 Patienten eine minimalinvasiv perkutane Versorgung. Bei 21 Patienten erfolgte ventral lediglich eine monosegmentale Spondylodese, bei 26 Patienten erfolgte eine bisegmentale Versorgung, bei 2 Patienten eine mono- und eine bisegmentale Versorgung auf verschiedenen Höhen und bei 2 Patienten auf 2 Höhen je eine bisegmentale Versorgung.

Bei den operativ versorgten Patienten wurde bei 41 Patienten ein autogener corticospongiöser Span verwendet und bei 6 Patienten ein Titan Cage. Bei 3 Patienten wurde sowohl ein Span als auch ein Cage auf unterschiedlichen Höhen verwendet und bei 1 Patienten zwei corticospongiöse Späne auf 2 unterschiedlichen Höhen.

### 4.1.1 Vergleich von der Interposition eines CS-Spans und Cage

Im Rahmen einer dorsoventralen Wirbelsäulenspondylodese stehen für die Versorgung der ventralen Säule verschiedene Materialien zur Verfügung. Zum einen können Titankörbe, expandierbar und nicht expandierbar, verwendet werden. Zum anderen besteht die Möglichkeit der Verwendung von autogenem Knochen. Die Verwendung von Knochen wird in der Literatur kontrovers diskutiert. Autogener Knochen wird in vielen chirurgischen Fachbereichen einschließlich Orthopädie, Mund-Kiefer-Gesichtschirurgie, Zahnheilkunde und Neurochirurgie verwendet. Die Indikationen hierfür sind sehr weit gestreut und beinhalten die Versorgung von posttraumatischen Verletzungen sowie Korrekturen von Wirbelsäulendeformitäten als auch die fortschreitende degenerative Erkrankung und chronischer Schmerz. Das knöcherne Autograft wird immer noch aus verschiedenen Gründen als Goldenstandardsubstrat der Knochentransplantate angesehen. Zum einen aufgrund der Kostenersparnis und zum anderen gibt es keinerlei Probleme bei der Immunkompatibilität, es besteht eine deutliche Reduktion des Infektionsrisikos sowie Reduktion der Gefahr einer Krankheitsübertragung und nicht zu vergessen aufgrund der Einfachheit der Gewinnung (Garrison KR 2007). Die am weitesten verbreitete Entnahmestelle für Autograftknochen ist der Beckenkamm. Es werden einige

Majorkomplikationen dieser Entnahmemethode in der Literatur erwähnt (Almann E 2002, Kurz LT 1998 und Varga E 1996). Auch für die Arbeitsgruppe um Joseph Dusseldorf stellt der Beckenkammspan immer noch den Goldenstandard für die Knochengewinnung im Rahmen von Wirbelsäulenimplantationen dar. Jedoch ist der Schmerz weiterhin das Hauptproblem der CS-Span-Entnahme vom Beckenkamm. Dusseldorf et al konnte mit der Rekonstruktionen des Beckenkamms mittels Kalziumphosphatzement eine sehr einfache und effektive Methode zeigen. (Dusseldorf JR 2009).

Obwohl in einigen Arbeiten berichtet wird dass bei Verwendung von Knochen und Titan Cages als Wirbelkörperersatz eine gleich gute Stabilität der ventralen Säule resultiert (Cardenas RJ 2010), konnte unter anderem die Arbeitsgruppe Wirbelsäule der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie um M. Reinold im Rahmen der zweiten Multicenterstudie zeigen dass die Verwendung von Titankörben als Wirbelkörperersatz zu signifikant bessere radiologische Ergebnisse mit weniger kyphotischen Deformierung und weniger Korrekturverlust führte (Reinhold M 2009). Billik et al berichteten schon 3 Jahre zuvor dass es bei ihren Patienten bei alleiniger ventraler Verwendung von autogenem Knochen zu einem Repositionsverlust von im Mittel 7.08 Grad kommt (Billik A 2006). Unsere Ergebnisse decken sich mit diesen Beobachtungen. Auch bei uns kam es bei der Wiederherstellung der ventralen Säule allein mit autogenem Knochen zu einem Repositionsverlust nach Metallentfernung zwischen 1° und 31° (im Mittel 10,4°). Hinzu kommt dass bei der Verwendung autogener Materialien das Problem ungelöst bleibt, dass die Transplantation und die Knochengewinnung mit eindeutigen Nachteilen vergesellschaftet sind. Der Zweiteingriff, der zur Entnahme des Knochens von Nöten ist, ist mit einer deutlichen Komorbidität assoziiert und mit einer Komplikationsrate von bis zu 50% (Wippermann BW 1997). Außerdem besteht die Gefahr des Nichteinheilens des transplantierten Knochens. In der Wirbelsäulen Chirurgie wird für spinale Fusionseingriffe eine Pseudarthroserate von bis zu 70% beschrieben (Boden SD 2002 und McAfee PC 2001). Die Arbeitsgruppe um D. Priem konnte im Jahr 2004 zeigen, dass bei 20 Patienten mit instabilen Verletzungen der thorakolumbalen Wirbelsäule, die alle von dorsal offen instrumentiert und von ventral eine endoskopische Rekonstruktion der vorderen Säule erfahren hatten, es in nur 65% der Fälle zu einer Einheilung des eingebrachten Knochen transplantates kam. (Priem D 2004). In 25% der Fälle wiesen die Transplantate lediglich eine partielle knöcherne Anbindung auf, in 2

Fällen konnte sogar ein Bruch nachgewiesen werden und dies trotz der Tatsache, dass die ventrale Säule zusätzlich mit einem winkelstabilen Implantat der Fa. Aesculap von ventral versorgt wurde. Auf der anderen Seite konnte eine Arbeitsgruppe um N. Salas im Jahre 2011 (Salas N 2011) in einer Studie, die 23 Traumapatienten umfasste nachweisen, dass bei Verwendung von Titan Cages zur Wiederherstellung der ventralen Säule die Ergebnisse sowohl was den Schmerz und die soziale Wiedereinbindung der Patienten (erfasst mittels visueller Analogscala und Oswestry Score) als auch den Repositionsverlust mit direkt postoperativ 7,34° und nach 3 Monaten 1,95° sehr gut sind.

#### 4.1.2 Offene dorsale vs. minimalinvasiver Stabilisierung

In unserem Patientenkollektiv wurde 44 Patienten von dorsal offen reponiert und mittels USS-Fraktur-System mit Schanz-Schrauben, die über die Pedikel eingebracht wurden, versorgt. 7 Patienten wurden von uns minimalinvasiv von dorsal instrumentiert unter Verwendung des CD-Horizon-System der Fa. Medtronic. Es wurde sowohl der Sextant als auch der Longitude verwendet. Minimalinvasive Wirbelsäulen Chirurgie wurde entwickelt, um den Grad der Muskelschädigung, die durch den operativen Eingriff selbst verursacht wird, zu reduzieren ohne jedoch die Ziele bzw. die Ergebnisse des offenen Verfahrens außer Acht zu lassen. Wie schon die Arbeiten von Khoo LT aus dem Jahre 2002 (Khoo LT 2002) und Park aus dem Jahre 2007 (Park Y 2007) gezeigt haben, ist durch die minimalinvasive dorsale Fusion eine deutlich geringere iatrogene Verletzung der langen Rückenmuskulatur und somit eine Verringerung der zugangsbedingten Morbidität zu erreichen. Wie auch die Arbeitsgruppe um Shun Wu Fan (Shun Wu Fan 2010) fand bei uns das System CD-Horizon der Firma Medtronic Sofamor Danek aus Memphis/Tennessee Verwendung. Die Arbeitsgruppe um Shun Wu Fan konnte ferner mittels Kernspintomographischer Untersuchung nachweisen, dass es bei minimalinvasiver Applikation der dorsalen Instrumentierung zu einer deutlich geringeren Schädigung des Musculus multifidus kommt. Dies korrelierte mit geringerem Rückenschmerz und geringerer funktioneller Beeinträchtigung (Fan SW 2010). In Zusammenschau mit der Literatur (Kim KT 2006) kommen wir zu dem Ergebnis, dass der minimalinvasive dorsale Zugang deutlich weniger Muskelverletzung verursacht als der konventionelle

offene Zugang. Dieses Ergebnis bestärkte die Hypothese die im Jahre 2000 von Suwa H. (Suwa H. 2000) postuliert wurde. Diese Hypothese besagt, dass der Schaden der an den paraspinalen Muskeln während der chirurgischen Versorgung verursacht wird einer der Hauptgründe für die Atrophie der Rückenmuskulatur nach einer Wirbelsäulenverletzung ist. Schon seit 1993 ist bekannt, dass durch große Inzisionen und extensives Abschieben der Muskulatur von den Processus spinales eine Ischämie, Nekrose und Denervierung der paraspinalen Muskulatur verursacht werden kann (Sihvonen T 1993).

Zudem lässt sich, wie auch schon im Jahre 2009 von Rodriguez-Vela gezeigt werden konnte, durch die minimalinvasive dorsale Versorgung von Wirbelfrakturen der durchschnittliche intraoperative Blutverlust deutlich reduzieren. (Rodriguez-Vela J 2009)

## 4.2 Nachuntersuchung

### 4.2.1 VAS-Wirbelsäulenscore

Bis zum Jahre 2001 war kein traumatologisch orientierter Score vorgestellt worden der zum einen empirische Gütekriterien erfüllt (Eppley AG 1990, Feinstein AR 1992, Fleis JL 1986, Holle P 1995, Wright JG, Feinstein AR 1992) und andererseits die Nachuntersuchungsergebnisse von Patienten mit Verletzungen der Brust- und Lendenwirbelsäule bewerten kann. Wir verwendeten aus diesem Grunde den VAS-Wirbelsäulenscore, der von der Arbeitsgruppe um Knob C im Jahre 2001 entwickelt wurde. Dieser Score besteht aus 19 Score-Items, welche untersucherabhängig rein subjektiv vom Patienten anhand einer beigefügten Anleitung ausgefüllt wird. Somit werden dadurch nur Daten erhoben, die durch die Selbstbeobachtung des Patienten entstehen. Ein weiterer Grund für uns den VAS Wirbelsäulenscore zu benutzen war, dass er schnell und einfach zu erheben und auch einfach auszuwerten ist. Der Test wurde jedoch von uns nicht mit der Post versandt, sondern im Rahmen der ebenfalls durchgeführten körperlichen Untersuchung der Patienten am Untersuchungstag ausgefüllt. Von Knob et al konnte sowohl die Validität als auch die hohe Reliabilität des VAS Wirbelsäulenscores belegt werden (Knob C 2001). Der VAS Wirbelsäulenscore wurde im Rahmen einer Multicenterstudie der Arbeitsgruppe

Wirbelsäule der DGU bundesweit eingesetzt. Besonderes Augenmerk richteten wir bei der Patientenbefragung auf die Beschwerden, die die Patienten im Sitzen, beim Stehen, beim Gehen und im Beruf verspüren, sowie auf den Analgetikabedarf. Anders als bei der Arbeitsgruppe um Knob haben wir bei unserer Auswertung des VAS somit auch nicht nur Punkte vergeben, sondern haben diese anschließend in Prozente umgerechnet um eine Vergleichbarkeit zu erreichen. Um das subjektive Empfinden von Rückenschmerzen und anderen Funktionsbeeinträchtigungen die von der Wirbelsäule ausgehen vor dem Unfall zu erfassen, haben wir den Patienten wie in der Literatur empfohlen einen präoperativen bzw. prätraumatischen VAS zugeordnet. Analog zur zweiten Multicenterstudie der Arbeitsgruppe um Reinhold M et al aus dem Jahre 2009 definierten wir für den VAS definierte Scorepunkte vor dem Unfall für bestimmte Patientengruppen (Reinhold M 2009).

Die bis zu 20jährigen Patienten erhielten einen prätraumatischen VAS von 99%, die Altersgruppe von 21 bis 40 erhielt einen VAS von 95%, die 41- bis 60jährigen 90% und bei über 60jährigen Patienten vergaben wir einen Ausgangswert von 75%. Hierbei erreichten die Patienten unseres Kollektivs im Schnitt 32,4 Punkte, dies entspricht 47%.

Somit ergab sich in unserem Kollektiv ein Scoreverlust in der Gruppe der 21-40-jährigen von 57,5%, in der Gruppe der 41 bis 60-jährigen ein Scoreverlust von 35,04% und in der Gruppe der über 60-jährigen ein Scoreverlust von 39,4%.

Dies entspricht einem mittleren Scoreverlust über alle Gruppen hinweg gegenüber vor dem Unfall von 40%.

#### 4.2.2 Modified Oswestry Low Back Pain Index, -Questionnaire (ODI/ODQ)

Zur Erfassung der postoperativen Behinderungen welche die Patienten aufgrund ihrer Rückenschmerzen ausgesetzt sind oder erleben haben wir uns den Modified Oswestry Disability Questionnaire Deutsch bedient. Die Geschichte des Oswestry Disability Questionnaire oder Index (ODI) reicht zurück bis in das Jahr 1976. Dort

wurde er primär von John O´Brian entwickelt. Veröffentlicht wurde er schließlich 1980 um eine Arbeitsgruppe von Fairbank, Cooper, Davis und O´Brian (Fairbank JC 1980).

Er wurde über die Jahre hinweg immer weiter entwickelt. 1989 veröffentlichte eine Gruppe von Chiropraktikern eine angepasste Version des ODQ (Baker D. 1989). Im Jahre 2006 wurde der ODI als eine „cross cultural adaption“ ins Deutsche übersetzt und von AF Manjon als ODQD veröffentlicht (AF Manjon 2006). Der Oswestry Disability Questionnaire Deutsch ist mittlerweile wissenschaftlich anerkannt und wird regelmäßig bei Studien zu Rückenschmerzen eingesetzt (Unlu Z et al 2008). Wie schon die Arbeitsgruppe um Gaul C. vor 3 Jahren, so konnten auch wir in unserem Patientenkollektiv nachweisen, dass die deutsche Version des ODQ/ODI sehr gut geeignet ist um im täglichen Gebrauch die Schmerzintensität und die auf den Schmerz zurückzuführende Behinderung im täglichen Leben zu erfassen (Gaul C. 2008).

Anders als bei elektiven Wirbelsäulenoperation bzw. Operation bei nichttraumatischen Wirbelsäulenleiden ist bei uns jedoch kein Vergleich einer posttraumatischen Veränderung im Vergleich zu einem prätraumatischen Wert des ODI erhebbar gewesen. Trotz des zum Teil doch erheblich radiologisch erfassten Korrekturverlustes zeigten 39 Patienten, dies entspricht 76%, nur eine minimale bis gemäßigte Beeinträchtigung im ODQD. Knapp 20 % berichteten über eine starke Beeinträchtigung und lediglich 3 % müssen als invalidisiert betrachtet werden.

### 4.3 Radiologische Untersuchung

Sämtliche Patienten wurden von uns soweit möglich präoperativ und postoperativ radiologisch untersucht, sowie nach Metallentfernung bzw. bei Zeitpunkt der Nachuntersuchung. Es wurde jeweils eine Aufnahme des frakturierten Bereiches der Brustwirbelsäule, der Lendenwirbelsäule bzw. des Überganges von der Brust-, zur Lendenwirbelsäule im Anterior-posterioren-Strahlengang und im seitlichen Strahlengang durchgeführt. Diese Röntgenuntersuchung wurde mit einer digitalen Röntgenanlage (Fa Siemens) vorgenommen. Der Kyphosewinkel im frakturierten Bereich wurde von uns prä- und postoperativ sowie im Verlauf digital unter Verwendung einer Software (Siemens MagicWeb) bestimmt. Es wurde hierzu der mono- bzw. bisegmentale Cobbwinkel gemessen. Sowohl der mono- als auch der bisegmentale Koppwinkel, ausgemessen an Röntgenaufnahmen sind verlässliche Parameter zur Abschätzung des Alignment bzw. der Kyphosierung der Wirbelsäule (Kuklo TR 2006).

Die Differenz aus dem postoperativ bestimmten Grunddeckplattenwinkel (Cobb-Winkel) und dem bei der Follow-up-Untersuchung, beziehungsweise der Untersuchung nach der Metallentfernung ergab den Repositionsverlust.

Zusammenfassend muss als Ergebnis unserer Nachuntersuchung von insgesamt 51 Patienten aus den Jahren 2006 – 2010 bei mit der Literatur übereinstimmender Verteilung der verletzten Wirbel auf die Wirbelsäule Patientenkollektivs konstatiert werden, dass nach durchgeführter dorsaler Stabilisierung eine anteriore Fusion die allein auf Interposition eines corticospongiösen Spanes beruht ohne eine zusätzliche ventrale Instrumentierung, zu einem deutlichen Repositionsverlust mit sich konsekutiv ausbildender kyphotischer Fehlstellung einhergeht. Diese Fehlstellung der Wirbelsäule und die daraus resultierende Fehlhaltung und Fehlbelastung der Patienten spiegelt sich zum einen wieder in dem deutlichen Scoreverlust in der Visuellen Analogskala und in der funktionellen Beeinträchtigung der Patienten. Aus diesem Grunde empfehlen wir, nach dorsaler Versorgung, die alleinige Verwendung von corticospongiösem Span ohne ventrale Zusatzinstrumentierung nur über ein

Bewegungssegment, sprich bei Entfernung einer Bandscheibe. Zudem sollte dies nur hochthorakal und nicht im thorakolumbalen Übergang durchgeführt werden.

Vor dem Ergebnis dieser Arbeit und der Literatur ist festzuhalten, dass dieses Verfahren internationalem Standard entspricht. In unserem Patientenkollektiv konnten wir jedoch feststellen, dass die Stabilität die eine alleinige dorsale Instrumentierung bringt nicht ausreicht um eine Fusion sicherzustellen. Wir konnten bei knapp 20% der Patienten einen Repositionsverlust von über 16° feststellen. Dieser Repositionsverlust ging nicht nur mit einer Kyphosierung einher sondern auch mit teilweiser Fragmentierung des corticospongiösen Spanes oder nur unzureichender Konsolidierung der Spondylodese. Die deutlichen subjektiven Beschwerden der Patienten werden durch den teilweise doch sehr deutlichen Scoreverlust bei der Visuellen Analogskala offenkundig. Wohingegen die Patienten im alltäglichen Leben gut zurechtkommen. Dies zeigte sich dass 76% der Patienten eine lediglich minimal bis gemäßigte tatsächliche Beeinträchtigung im ODQ-D aufwiesen.

Wir glauben dass durch die Verwendung von expandierbaren Cages in Zukunft der Repositionsverlust deutlich geringer ausfallen wird. Ob sich dies dann auch in einem besseren subjektiven Outcome niederschlägt müssen weitere Untersuchungen zeigen.

## 5. Zusammenfassung

Die Entwicklung im Bereich der Wirbelsäulenstabilisierung schreitet seit ihrer Erstanwendung bei Albee und Hibbs im Jahre 1911 immer weiter voran. Die alleinigen dorsalen langstreckigen Verfahren wurden mittlerweile zu Gunsten der dorsoventralen Stabilisierungen verlassen. Die minimalinvasive Versorgung, sowohl für die dorsale Instrumentierung als auch für die thorakoskopische Versorgung der ventralen Säule, gewinnt zunehmend an Bedeutung. Ungeachtet dessen wird weiterhin diskutiert, ob die Interposition von autologem Knochen bzw. CS-Span zur Rekonstruktion der ventralen Säule verwendet werden sollte oder die von der Industrie angebotenen Titan Cages, die sowohl expandierbar als auch fest erhältlich sind. In der hier vorgestellten Arbeit sollen unsere Ergebnisse aus den Jahren 2006 bis 2010 vorgestellt werden. Unser Patientenkollektiv umfasste 51 Patienten mit einem Durchschnittsalter von 51 Jahren. Das Verhältnis von Männern und Frauen lag bei 34 > 17. Es wurden ausschließlich traumatische Frakturen eingeschlossen. In den aufgearbeiteten 4 Jahren wurden die Patienten sowohl von dorsal klassisch offen reponiert als auch minimalinvasiv versorgt. Die ventrale Säule wurde sowohl mit autogenem corticospongiösem Span als auch mittels Verwendung verschiedener Titan Cages wiederhergestellt. Die Verteilung der Frakturen über die Wirbelsäule hinweg entsprach der in der Literatur. Der thorakolumbale Übergang war mit Abstand der am häufigsten betroffen. Die von uns nachuntersuchten Patienten zeigten einen Score Verlust bei Verwendung des VAS-Wirbelsäulenscores von 40%, wobei dieser Score Verlust in den unterschiedlichen Gruppen der 21-40jährigen, der 41-60jährigen und der über 60jährigen unterschiedlich verteilt war. Die Patienten wurden von uns auch bezüglich der Einschränkung im täglichen Leben unter Verwendung des Modified Oswestry Low Back Pain Questionnaire in der deutschen Fassung befragt. Hierbei zeigte sich bei 76% nur eine minimale bis gemäßigte Beeinträchtigung und lediglich 3% unseres Patientengutes musste als invalidisiert betrachtet werden. Bei der Auswertung der radiologischen Nachuntersuchung zeigten unsere Patienten nach Metallentfernung einen Repositionsverlust zwischen 1° und 31°, im Mittel 10,4°. Dies entspricht der Literatur.

Zusammenfassend zeigt das Ergebnis unserer Nachuntersuchung ein mit der Literatur übereinstimmendes Bild:

Die anteriore Spondylodese nach vorangegangener dorsaler Instrumentierung, unter alleiniger Verwendung eines autologen Knochens führt zu einem deutlichen Repositionsverlust mit Kyphosierung der Wirbelsäule.

Deshalb empfehlen wir die Wiederherstellung der ventralen Säule durch expandierbare Titan Cages. Die ventrale Versorgung mit corticospongiösem Span, nach dorsaler Stabilisierung, sollte nur für die monosegmentale Fusion, gegebenenfalls mit ventraler Zusatzinstrumentierung durchgeführt werden. Eine interessante technologische Neuentwicklung stellen Knochenersatzmaterialien wie z.B. das Trabecular Metal™ der Fa. Zimmer (Zimmer, USA) dar. Diese neuartigen Materialien weisen nicht nur eine sehr hohe Flexibilität, Festigkeit und Stabilität auf, sondern stellen durch ihr poröses Gewebe ein osteokonduktives Gerüst dar. Die etwaige Überlegenheit dieser neuartigen Materialien gegenüber den etablierten Titan Cages muss bei einem größeren Patientenkollektiv im Rahmen von Studien noch verglichen werden.

## 6. Literaturverzeichnis

1. **Adkins EWO.** (1955).  
“Lumbo-sacral arthrodesis after laminectomy.”  
J Bone Joint Surg [Br] 37: 208-223.
2. **AF Manjon** (2006).  
“Development Of A German Version Of The Oswestry Disability Index”.  
European Spine Journal 15:55-65.
3. **Albee FH.** (1911).  
“Transplantation of a portion of the tibia into the spine for Pott's disease: A preliminary report.”  
JAMA 57: 885-6.
4. **Almann E** (2002).  
“Comparison Of Anterior And Posterior Iliac Crest Bone Grafts In Terms Of Harvest-Site Morbidity And Functional Outcomes”.  
J Bone Joint Surgery AM 84-A: 716-720.
5. **Baker D** (1989).  
“The Oswestry Disability Index Revisited in Backpain: New Approaches to Rehabilitation And Education”.  
Manchester Universitypress, Manchester, PP 174-186.
6. **Baker, J. K., Reardon, P. R., Reardon, M. J. and Heggeness, M. H.** (1993).  
“Vascular injury in anterior lumbar surgery.”  
Spine 18: 2227-30.
7. **Bauer R, Kerschbaumer F, Poisel S.** (1991).  
Orthopädische Operationslehre.  
Stuttgart, Thieme.
8. **Bilik A, Kocis J, Wendsche P, Muzík V, Pasa L.** (2006).  
“Anterior spondylodesis using a corticospongious allograft in the combined management of Th-L spinal fractures.”  
Rozhl Chir. 85(11): 573-80.

9. **Boden SD** (2002).  
 "Overview Of The Biology Of Lumbar Spine Fusion And Principles For The Selection Of A Specific Bone Graft Substitute".  
 Spine 27: 26-31.
10. **Bogduk N.** (1983).  
 "The innervation of the lumbar spine."  
 Spine 8: 286-293.
11. **Boos N, Webb JK.** (1997).  
 "Pedicule screw fixation in spinal disorders: a European view."  
 Eur Spine J 6: 2-18.
12. **Bosworth D.** (1945).  
 "Clothespin graft of the spine for spondylolisthesis and laminal defects."  
 Am J Surg 67: 61-67.
13. **Boucher HH.** (1959).  
 "A method of spinal fusion."  
 J Bone Joint Surg [Br] 41: 248-59.
14. **Briem D, Rueger JM, Linhart W.** (2003).  
 "Osseous integration of autogenous bone grafts following combined dorso-ventral instrumentation of unstable thoracolumbar spine fractures."  
 Unfallchirurg. 106(3): 195-203.
15. **Briem D, Windolf J, Lehmann W, Begemann PG, Meenen NM, Rueger JM, Linhart W.** (2004).  
 „Bone grafts endoscopically applied to the spine. Ergebnisse der anterioren Fusion und therapeutische Konsequenzen.“  
 Unfallchirurg. 107(12): 1152-61.
16. **Brinckmann P, Pope MH.** (1990).  
 Effects of repeated loads and vibration.
17. **Buck JE.** (1970).  
 "Direct repair of the defect in spondylolisthesis. Preliminary report."  
 J Bone Joint Surg [Br] 52: 432-7.

- 18. Burns BH** (1933).  
“An operation for spondylolisthesis.”  
Lancet I: 1233.
- 19. Capener N.** (1932).  
“Spondylolisthesis.”  
Br J Surg 19: 374.
- 20. Cardenas RJ** (2010).  
“Comparison of allograft bone and titanium cages for vertebral body replacement in the thoracolumbar spine: a biochemical study”.  
Neurosurgery: 66(6 Suppl Operative): 314-8.
- 21. Cardenas RJ, Javalkar V, Patil S, Gonzalez-Cruz J, Ogden A, Mukherjee D, Nanda A.** (2010).  
“Comparison of allograft bone and titanium cages for vertebral body replacement in the thoracolumbar spine: a biomechanical study.”  
Neurosurgery. 66(6 Suppl Operative): 314-8; discussion 318.
- 22. Cleveland M, Bosworth DM, Thompson FR.** (1948).  
“Pseudarthrosis in lumbosacral spine.”  
J Bone Joint Surg [Am] 30: 301-312.
- 23. Cloward RB.** (1963).  
“Lesions of the intervertebral discs and their treatment by interbody fusion methods. The painful disk.”  
Clin Orthop 27: 51-77.
- 24. Cobb JR** (1948).  
“Outline for the study of scoliosis”.  
Am Acad Orthop Surg Instr Course Lect 5: 261–275.
- 25. Dick W.** (1987).  
“The "fixateur interne" as a versatile implant for spine surgery.”  
Spine 12: 882-900.
- 26. Dörner J.** (1995).  
“Die "Spondylodese" bei lumbal einfach oder mehrfach voroperierten Patienten

als Therapie der Wahl?“  
Orthop Praxis 31: 836-843.

**27. Dusseldorp JR (2009).**

“Iliac crest reconstruction to reduce donor site morbidity: technical note.”  
Eur Spine J. 18(9):1386-90. Epub 2009 Aug 4.

**28. Fairbank JC (1980).**

“The Oswestry Low Backpain Questionnaire”  
Physiotherapy 66: 271-272.

**29. Fischgrund JS, Mackay M, Herkowitz HN, Brower R, Montgomery DM, Kurz LT. (1997).**

“1997 Volvo Award winner in clinical studies. Degenerative lumbar spondylolisthesis with spinal stenosis: a prospective, randomized study comparing decompressive laminectomy and arthrodesis with and without spinal instrumentation.”  
Spine 22: 2807-12.

**30. Fraser RD. (1982).**

“A wide muscle-splitting approach to the lumbosacral spine.”  
J Bone Joint Surg [Br] 64: 44-6.

**31. Frick H, Leonhardt H, Starck D (1992).**

Wirbelsäule. Allgemeine Anatomie, Spezielle Anatomie I.  
Stuttgart, Thieme Verlag: 454-479.

**32. Frymoyer JW, Pope MH, Clements JH, Wilder DG, MacPherson B, Ashikaga T. (1983).**

“Risk factors in low-back pain. An epidemiological survey.”  
J Bone Joint Surg [Am] 65: 213-8.

**33. Frymoyer JW, Pope MH, Costanza MC, Rosen JC, Goggin JE, Wilder DG. (1980).**

“Epidemiologic studies of low-back pain.”  
Spine 5: 419-23.

- 34. Garrison KR (2007).**  
 “Clinical Effectiveness And Cost-Effectiveness Of Bone Morphogenetic Proteins In The Non-Healing Of Fractures And Spinal Fusion: A Systematic Review”.  
 Health Technology Assessment 11: 1-150.
- 35. Gaul C, Mette E, Schmidt T, Grond S. (2008).**  
 “Practicability of a German version of the "Oswestry Low Back Pain Disability Questionnaire". A questionnaire to assess disability caused by back pain.”  
 Schmerz. 22(1): 51-8.
- 36. Gertzbein SD, Betz R, Clements D, Errico T, Hammerberg K, Robbins S, Shepherd E, Weber A, Kerina M, Albin J, Wolk D, Ensor K. (1996).**  
 “Semirigid instrumentation in the management of lumbar spinal conditions combined with circumferential fusion. A multicenter study.”  
 Spine 21: 1918-25; discussion 1925-6.
- 37. Hadra BE. (1891).**  
 “Wiring of the spinous process in Pott’s Disease.”  
 Trans Am Orthop Ass 4: 206.
- 38. Harmon PH. (1960).**  
 “Anterior extraperitoneal lumbar disc excision and vertebral body fusion.”  
 Clin Orthop 18: 169.
- 39. Harmon PH. (1963).**  
 “Anterior excision and vertebral body fusion operation for intervertebral disc syndroms of the lower lumbar spine: three to five-year results in 244 cases.”  
 Clin Orthop 26: 107-127.
- 40. Harms J, Jeszensky D, Stoltze D (1995).**  
 “Die operative Behandlung der degenerativen Spondylolisthese.”  
 K. A. Matzen: 73-81.
- 41. Harrington PR. (1967).**  
 “Instrumentation in spine instability other than scoliosis.”  
 S Afr J Surg 5: 7-12.

- 42. Hibbs RH.** (1911).  
“An operation for progressive spinal deformities.”  
New York Med J 93: 1013-6.
- 43. Hodgson AR, Stock FE.** (1960).  
“Anterior spinal fusion: the operative approach and pathological findings in 412 patients with Pott’s disease of the spine.”  
Br J Surg 48: 172.
- 44. Humphries A, Hawk WA, Berndt AL.** (1961).  
“Anterior interbody fusion of lumbar vertebrae: a surgical technique.”  
Surg Clin North America 41: 1685-1700.
- 45. Iwahara T.** (1944).  
“A new method of vertebral body fusion.”  
Surgery(Japan) 8: 271.
- 46. Jaslow IA.** (1946).  
“Intercorporal bone graft in spinal fusion after disc removal.”  
Surg Gynec Obstet 82: 215-218.
- 47. Jenkins JA.** (1936).  
“Spondylolisthesis.”  
British J Surg 24: 80-85.
- 48. Joseph Richard Dusseldorp** (2009).  
“Iliac Crest Reconstruction To Reduce Donor-Site Morbidity: A Technical Note”.  
European Spine Journal 18: 1386-1390.
- 49. Junghanns H.** (1951).  
“Die funktionelle Pathologie der Zwischenwirbelscheiben als Grundlage für klinische Betrachtungen.”  
Langenbecks Arch Dtsch Z Chir 267: 393-417.
- 50. Kaneda K, Abumi K, Fujiya M.** (1984).  
“Burst fractures with neurologic deficits of the thoracolumbar-lumbar spine.”  
Spine 9: 788-795.

- 51. Kelsey JL, Hardy RJ. (1975).**  
“Driving of motor vehicles as a risk factor for acute herniated lumbar intervertebral disc.”  
Am J Epidemiol 102: 63-73.
- 52. Khoo LT (2002).**  
„Minimally invasive percutaneous posterior lumbar interbody fusion”.  
Neurosurgery 51: S166-1.
- 53. Kim KT (2006).**  
„The quantitative analysis of tissue injury markers after mini-open lumbar fusion“.  
Spine 31: 712-716.
- 54. Kimura M. (1968).**  
“[My method of filling the lesion with spongy bone in spondylolysis and spondylolisthesis].”  
Seikei Geka 19: 285-96.
- 55. King D. (1944).**  
“Internal fixation of lumbosacral fusion.”  
Am J Surg 66: 357-361.
- 56. Kluger P, Gerner HJ. (1986).**  
“[Mechanical principle of external fixation for dorsal stabilization of thoracic and lumbar vertebrae].”  
Unfallchirurgie 12: 68-79.
- 57. Knop C (2005).**  
„Der Wirbelkörperersatz mit Synex bei kombinierter dorsoventraler Behandlung thorakolumbalen Verletzungen“.  
Oper Orthop Traumatol 17(3): 249–280.
- 58. Knop C, Oeser M, Bastian L, Lange U, Zdichavsky M, Blauth M. (2001).**  
“Development and validation of the Visual Analogue Scale (VAS) Spine Score.”  
Unfallchirurg. 104(6): 488-97.

- 59. Kuklo TR (2006).**  
“Comparison of manual and digital measurements in adolescent idiopathic scoliosis“.  
Spine 31: 1240-1246.
- 60. Kuklo TR (2006).**  
“Radiographic measurement techniques for sacral fractures consensus statement of the Spine Trauma Study Group”.  
Spine 31(9): 1047-1055.
- 61. Kummer B. (1991).**  
“Biomechanische Aspekte der Instabilität der Wirbelsäule. Instabile Wirbelsäule.”  
G. A. Fuchs. Stuttgart, Thieme: 8-14.
- 62. Kurz LT (1998).**  
“Harvesting Autogenous Iliac Bone Graft: A Review Of Complications And Techniques”.  
Spine 14: 1324-1331.
- 63. Krag MH, Van Hal ME, Beynon BD. (1989).**  
“Placement of transpedicular vertebral screws close to anterior vertebral cortex. Description of methods.”  
Spine 14: 879-83.
- 64. Lange F. (1910).**  
“Support for the spondylitic spine by means of buried steel bars attached to the vertebrae.”  
Am J Orthop Surg 8: 344.
- 65. Luque ER, Rapp GF. (1988).**  
“A new semirigid method for interpedicular fixation of the spine.”  
Orthopedics 11: 1445-50.
- 66. Luque ER. (1986).**  
“Segmental spinal instrumentation of the lumbar spine.”  
Clin Orthop 203: 126-34.

- 67. Mannion AF, Junge A, Fairbank JC, Dvorak J, Grob D. (2006).**  
“Development of a German version of the Oswestry Disability Index. Part 1: cross-cultural adaptation, reliability, and validity.”  
Eur Spine J. 15(1): 55-65. Epub 2005 Apr 26.
- 68. Mannion AF, Junge A, Fairbank JC, Dvorak J, Grob D. (2006).**  
“ Development of a German version of the Oswestry Disability Index. Part 2: sensitivity to change after spinal surgery. “  
Eur Spine J. 15(1): 66-73. Epub 2005 Apr 26.
- 69. Matzen KA. (1989).**  
“Die ventrale interligamentäre-interkorporelle Spondylodese bei der Spondylolisthesis.”  
Z Orthop Ihre Grenzgeb 127: 39-46.
- 70. McAfee PC (2001).**  
“Symposium: A Critical Discrepancy – A Criteria Of Successful Arthrodesis Following Interbody Spinal Fusions”.  
Spine 26: 320-334.
- 71. McAfee PC, Farey ID, Sutterlin CE, Gurr KR, Warden KE, Cunningham BW. (1989).**  
“1989 Volvo Award in basic science. Device-related osteoporosis with spinal instrumentation.”  
Spine 14: 919-26.
- 72. Olmarker K, Rydevik B, Nordborg C. (1993).**  
“Autologous nucleus pulposus induces neurophysiologic and histologic changes in porcine cauda equine nerve roots.”  
Spine 18: 1425-1432.
- 73. Park Y (2007).**  
„Comparison of one-level posterior lumbar interbody fusion performed with a minimally invasive approach or a traditional open approach”.  
Spine 32(5): 537-543.

- 74. Pfeiffer M, Hoffman H, Goel VK, Weinstein JN, Griss P (1997).**  
“In vitro testing of a new transpedicular stabilization technique.”  
Eur Spine J 6: 249-55.
- 75. Rang HP, Bevan S, Dray A. (1991).**  
“Chemical activation of nociceptive peripheral neurons.”  
Br Med Bull 47: 534-548.
- 76. Reinhold M, Knop C, Beisse R, Audigé L, Kandziora F, Pizanis A, Pranzl R, Gercek E, Schultheiss M, Weckbach A, Bühren V, Blauth M. (2009).**  
“Operative treatment of traumatic fractures of the thoracic and lumbar spinal column. Part I: epidemiology.”  
Unfallchirurg. 112(1): 33-42, 44-5.
- 77. Reinhold M, Knop C, Beisse R, Audigé L, Kandziora F, Pizanis A, Pranzl R, Gercek E, Schultheiss M, Weckbach A, Bühren V, Blauth M. (2009).**  
“Operative treatment of traumatic fractures of the thorax and lumbar spine. Part II: surgical treatment and radiological findings.”  
Unfallchirurg. 112(2): 149-67.
- 78. Reinhold M, Knop C, Beisse R, Audigé L, Kandziora F, Pizanis A, Pranzl R, Gercek E, Schultheiss M, Weckbach A, Bühren V, Blauth M. (2009).**  
“Operative treatment of traumatic fractures of the thoracic and lumbar spinal column: Part III: Follow up data.”  
Unfallchirurg. 112(3): 294-316.
- 79. Reinhold M, Knop C, Beisse R, Audigé L, Kandziora F, Pizanis A, Pranzl R, Gercek E, Schultheiss M, Weckbach A, Bühren V, Blauth M. (2010).**  
“Operative treatment of 733 patients with acute thoracolumbar spinal injuries: comprehensive results from the second, prospective, Internet-based multicenter study of the Spine Study Group of the German Association of Trauma Surgery.”  
Eur Spine J. 19(10): 1657-76. Epub 2010 May 25.
- 80. Rodriguez-Vela J (2009).**  
”Perioperative And Short Therm Advantages Of Miniopen Approaches For Lumbar Spinal Fusion”.  
European Spine Journal 18: 1194-1201.

- 81. Roy-Camille R, Saillant G, Mazel C. (1986).**  
 “Internal fixation of the lumbar spine with pedicle screw plating.”  
 Clin Orthop 203: 7-17.
- 82. Salas N, Prébet R, Guenoun B, Gayet LE, Pries P. (2011).**  
 “Vertebral body cage use in thoracolumbar fractures: Outcomes in a prospective series of 23 cases at 2years' follow-up.”  
 Orthop Traumatol Surg Res. 97(6): 602-7. Epub 2011 Sep 8.
- 83. Schultz A, Andersson G, Ortengren R, Haderspeck K, Nachemson A.(1982).**  
 “Loads on the lumbar spine. Validation of a biomechanical analysis by measurements of intradiscal pressures and myoelectric signals.”  
 J Bone Joint Surg [Am] 64: 713-20.
- 84. Schwab FJ, Nazarian DG, Mahmud F, Michelsen CB. (1995).**  
 “Effects of spinal instrumentation on fusion of the lumbosacral spine.”  
 Spine 20: 2023-8.
- 85. Shun Wu Fan (2010).**  
 “Multifidus muscle changes and clinical effects of one-level posterior lumbar interbody fusion: minimally invasive procedure versus conventional open approach.”  
 European Spine Journal 19: 316-324.
- 86. Sihvonen T (1993).**  
 “Local Denervation Atrophy Of Paraspinal Muscles In Postoperativ Failed Back Syndrom”.  
 Spine 18: 575-581.
- 87. Steffee AD, Biscup RS, Sitkowski DJ. (1986).**  
 “Segmental spine plates with pedicle screw fixation. A new internal fixation device for disorders of the lumbar and thoracolumbar spine.”  
 Clin Orthop 203: 45-53.
- 88. Stevens KJ (2006).**  
 „Comparison of minimally invasive and conventional open posterolateral lumbar

fusion using magnetic resonance imaging and retraction pressure studies".  
Journal Spinal Disord Tech 19: 77-86.

**89. Stempel Av.** (1994).

“Der pararektale, retroperitoneale Zugang zum Promontorium bei Kombinationseingriffen.”  
Operat. Orthop. Traumatol. 6: 176-182.

**90. Suwa H** ( 2000).

„Postoperative changes in paraspinal muscle thickness after various lumbar back surgery procedures“.  
Neurolog. med. chir. Journal Tokio 40(3): 151-154.

**91. Taylor H** (2002).

“The Impact Of Selfretaining Retractors On A Paraspinal Muscle During Posterior Spinal Surgery”.  
Spine 27: 2758-2762.

**92. Undeutsch K, Küpper R, Löwenthal I.** (1982).

“Arbeitsmedizinische Untersuchungen über Ladearbeiten auf einem Großflughafen.”  
Int Arch Occup Environ Health 50: 59-75.

**93. Unlu Z** (2008).

“Comparison Of 3 Physical Therapy Modalities For An Acute Pain In Lumbar Disk Herniation Measured By Clinical Evaluation And Magnetic Resonance Imaging”.  
Journal Of Manipulative And Physiological Therapeutics 3: 191-198.

**94. Vaccaro AR, Cirello J.** (2002).

“The use of allograft bone and cages in fractures of the cervical, thoracic, and lumbar spine.”  
Clin Orthop Relat Res. (394): 19-26.

**95. Vanderschot P, Caluwe G, Lateur L, Broos P.** (2001).

“The use of 'hybrid' allografts in the treatment of fractures of the thoracolumbar spine: first experience.”  
Eur Spine J. 10(1): 64-8.

- 96. Varga E** (1996).  
“Biochemical Analysis Of Hemipelvic Deformation After Corticospongious Bone Graft Harvest From The Posterior Iliac Crest”.  
Spine 21: 1494-1499.
- 97. Waelchli B** (2001).  
„Korrekturverlust nach dorsaler Stabilisierung von Berstungsfrakturen des thorakolumbalen Übergangs - Die Rolle der transpedikulären Spongiosaplastik“.  
Unfallchirurg 104(8): 742–747.
- 98. Watkins MB.** (1953).  
“Posterolateral fusion of the lumbar and lumbosacral spine.”  
J Bone Joint Surg [Am] 35: 1014.
- 99. Watkins R.** (1992).  
“Anterior lumbar interbody fusion surgical complications.”  
Clin Orthop 284: 47-53.
- 100. Weinstein JN, Wiesel SW.** (1990)  
“The lumbar spine.”  
Philadelphia: WB Saunders: 32-8.
- 101. Wiltberger BR.** (1957).  
“The dowel intervertebral-body fusion as used in lumbar disc surgery.”  
J Bone Joint Surg [Am] 39: 284-291.
- 102. Wiltse LL, Bateman JG, Hutchinson RH, Nelson WE.** (1968).  
“The paraspinal sacrospinalis-splitting approach to the lumbar spine.”  
J Bone Joint Surg [Am] 50: 919-26.
- 103. Wippermann BW** (1997).  
„Komplikationen der Spongiosaentnahme am Beckenkamm. Eine Retrospektive Analyse von 1191 Fällen“.  
Chirurg 68: 1286-1291.
- 104. Xu WX, Xu RM, Jiang WY, Ding WG, Zhu WM, Zhang C, Wang J, Lu D.**  
(2011).

“Clinical study on surgical treatment for thoracolumbar burst fractures.”  
Zhongguo Gu Shang. 24(7): 547-52.

**105. Yoshizawa H, O'Brien JP, Smith WT, Trumper M. (1980).**

“The neuropathology of intervertebral discs removed for low back pain.”  
J Pathol 132: 95-104.

**106. Yuan HA, Garfin SR, Dickman CA, Mardjetko SM. (1994).**

“A Historical Cohort Study of Pedicle Screw Fixation in Thoracic, Lumbar, and Sacral Spinal Fusions.”  
Spine 19: 2279S-2296S.

**107. Zdeblick TA. (1993).**

“A prospective, randomized study of lumbar fusion. Preliminary results [see comments].”  
Spine 18: 983-91.

**108. Zdeblick TA. (1995).**

“The treatment of degenerative lumbar disorders. A critical review of the literature.”  
Spine 20: 126S-137S.

**109. Zielke K. (1982).**

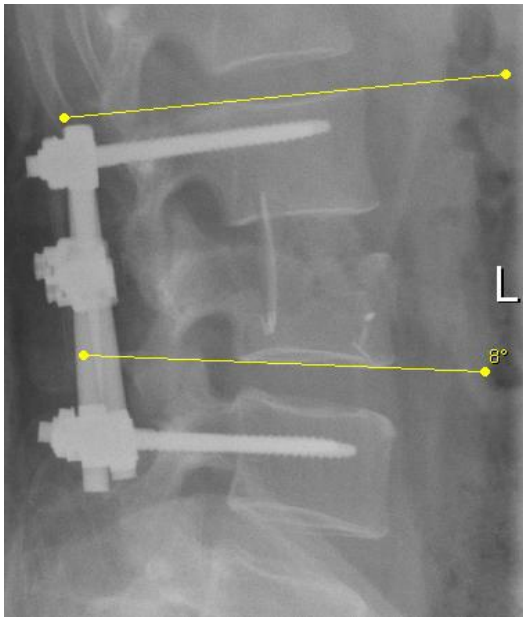
“Ventrale Derotationsspondylose. Behandlungsergebnisse bei idiopathischen Lumbalskoliosen.”  
Z Orthop Ihre Grenzgeb 120: 320-329.

**110. Zindrick, MR, Wiltse, LL, Widell, EH, Thomas, JC, Holland, WR, Field, BT and Spencer, CW (1986).**

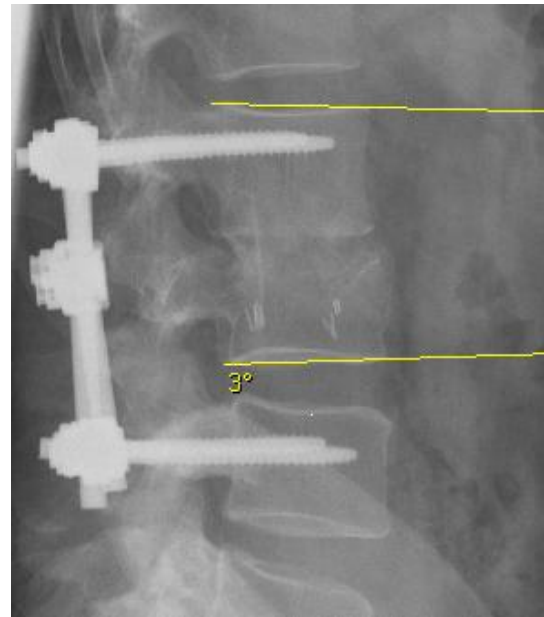
“A biomechanical study of intrapeduncular screw fixation in the lumbosacral spine.”  
Clin Orthop 203: 99-112.

## 7. Fallbeispiele

### Fixateur intern (USS-Fraktur, Fa Synthes) mit ventraler Spaninterposition 1 Segment:

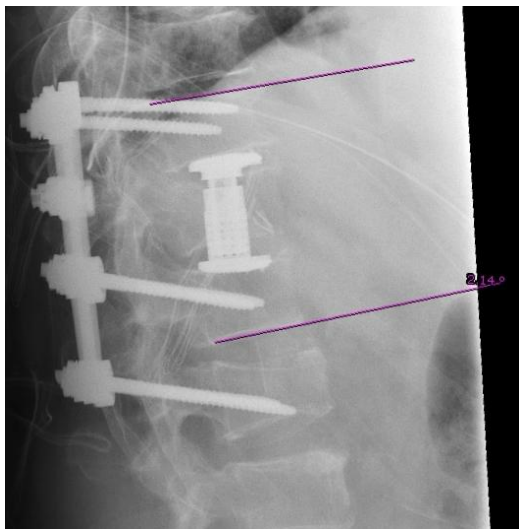


K.A. 40J m, A3.1 Fraktur, direkt postoperativ

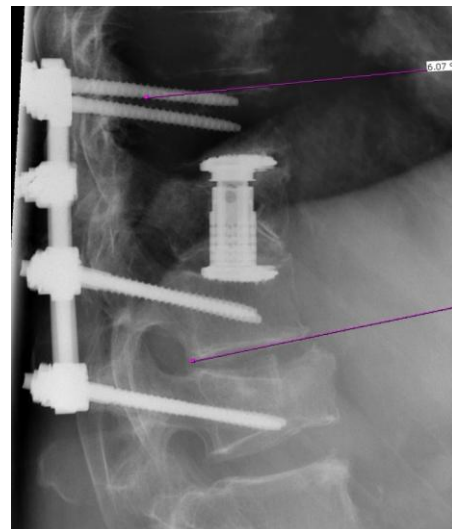


Vor Metallentfernung nach 1 J  
Repositionsverlust 5°

### Fixateur intern (USS-Fraktur, Fa Synthes) mit ventraler Titan Cage Interposition 2 Segmente:

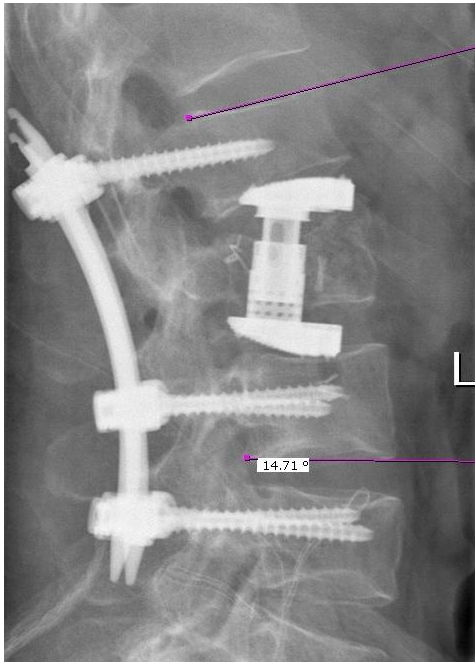


L.G. m 70J, A2.1 Fraktur, direkt postoperativ

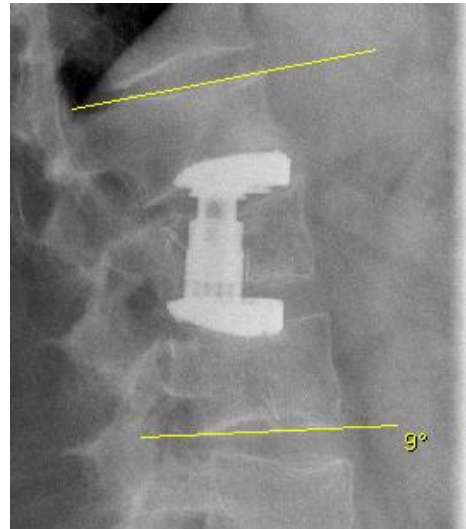


Follow-up nach 2 J  
Repositionsverlust: 8°

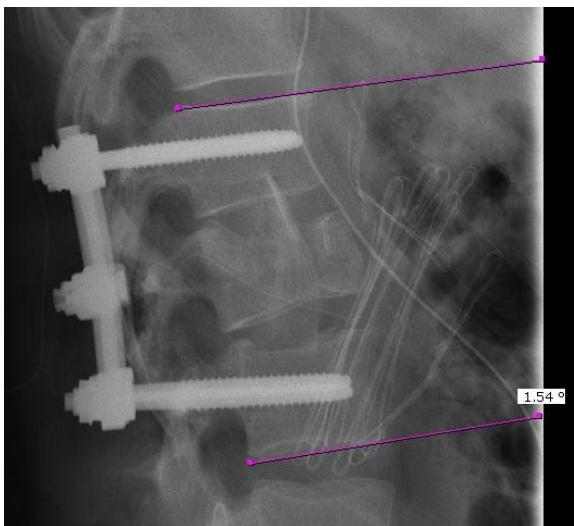
Minimalinvasive dorsale Instrumentierung mit ventraler Titan Cage Interposition 2 Segmente:



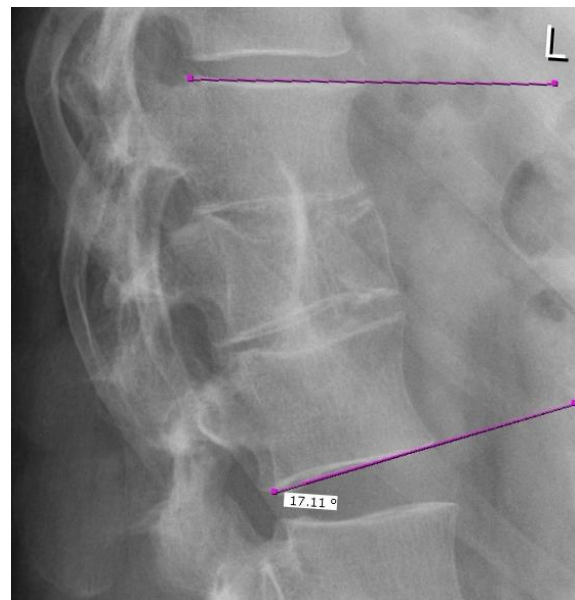
Z.H. m 50J, A2.1 Fraktur, direkt postoperativ



Metallentfernung nach 2 J  
Repositionsverlust: 5,7°



W.G. m 43J, A3.2 Fraktur, direkt postoperativ



Metallentfernung nach 2 J  
Repositionsverlust: 15,5°

## 8. Anhang

### 8.1 VAS-Wirbelsäule

Verletzungen der Brust- und Lendenwirbelsäule (T1–L5)		Patientenbogen VAS	
Name _____	Geschlecht <input type="checkbox"/> m / <input type="checkbox"/> w	Datum VAS	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>
Klinik-Lfd.Nr. _____	<input type="text"/> <input type="text"/> - <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>		
Untersucher _____	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>		
Geburtsdag <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	Zeitpunkt <input type="checkbox"/> 1 Präoperativ; 2 Postoperativ, vor ME; 3 ME; 4 Nach ME		

#### Hinweise zu den Fragen und zum Ausfüllen des VAS-Bogens

##### Zeitraum:

- Beschreiben Sie bitte nur den Zeitraum vor dem Unfall (die letzten Wochen oder Monate)!
- Beschreiben Sie bitte nur den Zeitraum vor der Metallentfernung!
- Beschreiben Sie bitte nur den aktuellen Zeitraum (die letzten Wochen oder Monate)!

(Zutreffendes ist vom Untersucher anzukreuzen)

Auf der Rückseite befindet sich ein Fragebogen zum Thema „Rückenprobleme“ (z.B. Rückenschmerzen). Zur Beantwortung der Fragen steht Ihnen eine Skala in Form einer Linie zur Verfügung. Bitte markieren Sie als Antwort auf jede Frage die Stelle auf der Linie mit einem **Kreuz** (\*), die Ihre persönliche Situation im o.g. Zeitraum (durchschnittlich) am besten wiedergibt. Am linken Rand der Linien befindet sich immer der für Sie negativste Wert. Am rechten Rand befindet sich der für Sie positivste Wert. Schreiben Sie bitte **keine Antworten als Text** wie z. B. „sehr lange“ oder „über 2 Stunden“!

Nachfolgend ist eine Beantwortung der Frage „Wie geht es Ihnen heute?“ als Beispiel wiedergegeben:



Die Antwort durch das Kreuz auf der Linie bedeutet in diesem Beispiel, daß es Ihnen heute „ganz gut“ aber nicht „sehr gut“ geht.

Beantworten Sie die Fragen bitte nur negativ, wenn *Rückenprobleme* auch wirklich verantwortlich für die Einschränkung bei einer bestimmten Tätigkeit sind. **Beispiel:** Die Frage nach Rückenproblemen beim Laufen würden Sie vielleicht mit „Laufen unmöglich“ beantworten, weil Sie ggf. die Puste zum Laufen nicht (mehr) haben. Gemeint ist jedoch, ob Sie prinzipiell ohne Rückenprobleme laufen können oder, ob Ihnen Rückenprobleme - wie Schmerzen - das Laufen unmöglich machen.

**Sie müssen nicht jede Frage beantworten!** Beantworten Sie nur die Fragen, die Sie möchten und die Sie verstanden haben! Nutzen Sie bitte das Feld „Ergänzungen / Besonderheiten / Bemerkungen“ für Verbesserungsvorschläge und / oder Kritik.

##### Erläuterung einiger Begriffe:

**Körperliche Ruhe:** Gemeint ist der Zustand, wenn Sie **keine** anstrengenden Dinge tun wie z. B. die Zeitung lesen, auf dem Sofa oder im Bett liegen, Fernsehen, Musik hören, sich entspannen usw.

**Körperliche Belastung:** Gemeint ist der Zustand, wenn Sie Tätigkeiten verrichten wie z. B. schwere Gartenarbeiten, schwere berufsbedingte Arbeiten, anstrengenden Sport treiben usw.

**Hausarbeiten:** Gemeint sind alltägliche Tätigkeiten wie z.B. Fenster putzen, Bügeln, Staubsaugen, Abwaschen, Kochen, den Boden wischen, Aufräumen usw.

**Aktivitäten des täglichen Lebens:** Gemeint sind persönliche Tätigkeiten wie z. B. aufstehen, essen, sich waschen, sich die Schuhe zubinden usw. Die Antwort auf diese Frage sollte sich nicht auf Tätigkeiten beziehen, die bereits an anderer Stelle des Fragebogens (z.B. Stehen, Vorbeugen, Tragen usw.) erfragt werden!



1	Ständig, immer	Wie oft stören Rückenschmerzen Ihren Schlaf?	Nie, sehr selten
2	Ständig, immer	Wie oft haben Sie in körperlicher Ruhe Rückenschmerzen?	Nie, sehr selten
3	Nicht auszuhalten, unerträglich	Wie stark sind dann in körperlicher Ruhe die Rückenschmerzen?	Keine Schmerzen
4	Ständig, immer	Wie oft haben Sie bei körperlicher Belastung Rückenschmerzen?	Nie, sehr selten
5	Nicht auszuhalten, unerträglich	Wie stark sind dann bei körperlicher Belastung die Rückenschmerzen?	Keine Schmerzen
6	Ständig, immer	Wie oft nehmen Sie Schmerzmittel gegen Rückenschmerzen ein?	Nie, sehr selten
8	Gar nicht, nur kurz oder mit Hilfsmitteln	Wie lange können Sie ohne Rückenbeschwerden sitzen?	Stundenlang, ohne Einschränkung
9	Vorbeugen unmöglich	Wie stark schränken Rückenbeschwerden das Vorbeugen ein (wie z. B. beim Abwaschen)?	Vorbeugen ohne Einschränkung möglich
10	Alter Beruf kann nicht mehr ausgeübt werden	Wie stark schränken Rückenbeschwerden Ihren Beruf ein?	Keine Einschränkung im Beruf
11	Auch leichtes Heben unmöglich	Wie stark schränken Rückenbeschwerden das Hochheben ein?	Schweres Heben ohne Einschränkung möglich
12	Auch leichte Arbeit unmöglich	Wie stark schränken Rückenbeschwerden Hausarbeiten ein?	Schwere Arbeit ohne Einschränkung möglich
13	Gar nicht, nur kurz oder mit Hilfsmitteln	Wie lange können Sie ohne Rückenbeschwerden stehen?	Stundenlang, ohne Einschränkung
14	Gar nicht, nur kurz oder mit Hilfsmitteln	Wie lange können Sie ohne Rückenbeschwerden gehen?	Stundenlang, ohne Einschränkung
15	Auch kurzes Laufen unmöglich	Wie stark schränken Rückenbeschwerden das Laufen ein (z. B. Jogging, Waldlauf etc.)?	Längeres Laufen ohne Einschränkung möglich
16	Allein unmöglich, immer hilfsbedürftig	Wie stark schränken Rückenbeschwerden Aktivitäten des täglichen Lebens ein (z. B. Essen, Waschen etc.)?	Keine Einschränkung
17	Gar nicht, nur kurz oder mit Hilfsmitteln	Wie lange können Sie ohne Rückenbeschwerden reisen (z. B. Autofahren, Zugfahren, Busfahren etc.)?	Stundenlang, ohne Einschränkung
18	Vollständig, wegen der Rückenprobleme	Wie stark schränken Rückenbeschwerden Ihr Sexualeben ein?	Keine Einschränkung
19	Auch leichtes Tragen unmöglich	Wie stark schränken Rückenbeschwerden das Tragen ein?	Schweres Tragen ohne Einschränkung möglich

## 8.2 Modified Oswestry Low Back Pain Disability Questionnaire

This questionnaire has been designed to give your therapist information as to how your back pain has affected your ability to manage in everyday life. Please answer every question by placing a mark in the **one** box that best describes your condition today. We realize you may feel that 2 of the statements may describe your condition, but **please mark only the box that most closely describes your current condition.**

---

---

### **Pain Intensity**

- ! I can tolerate the pain I have without having to use pain medication.
- ! The pain is bad, but I can manage without having to take pain medication.
- ! Pain medication provides me with complete relief from pain.
- ! Pain medication provides me with moderate relief from pain.
- ! Pain medication provides me with little relief from pain.
- ! Pain medication has no effect on my pain.

### **Personal Care (e.g., Washing, Dressing)**

- ! I can take care of myself normally without causing increased pain.
- ! I can take care of myself normally, but it increases my pain.
- ! It is painful to take care of myself, and I am slow and careful.
- ! I need help, but I am able to manage most of my personal care.
- ! I need help every day in most aspects of my care.
- ! I do not get dressed, I wash with difficulty, and I stay in bed.

### **Lifting**

- ! I can lift heavy weights without increased pain.
- ! I can lift heavy weights, but it causes increased pain.

- ! Pain prevents me from lifting heavy weights off the floor, but I can manage if the weights are conveniently positioned (e.g., on a table).
- ! Pain prevents me from lifting heavy weights, but I can manage light to medium weights if they are conveniently positioned.
- ! I can lift only very light weights.
- ! I cannot lift or carry anything at all.

### **Walking**

- ! Pain does not prevent me from walking any distance.
- ! Pain prevents me from walking more than 1 mile. (1 mile = 1.6 km).
- ! Pain prevents me from walking more than 1/2 mile.
- ! Pain prevents me from walking more than 1/4 mile.
- ! I can walk only with crutches or a cane.
- ! I am in bed most of the time and have to crawl to the toilet.

### **Sitting**

- ! I can sit in any chair as long as I like.
- ! I can only sit in my favorite chair as long as I like.
- ! Pain prevents me from sitting for more than 1 hour.
- ! Pain prevents me from sitting for more than 1/2 hour.
- ! Pain prevents me from sitting for more than 10 minutes.
- ! Pain prevents me from sitting at all.

### **Standing**

- ! I can stand as long as I want without increased pain.
- ! I can stand as long as I want, but it increases my pain.
- ! Pain prevents me from standing for more than 1 hour.
- ! Pain prevents me from standing for more than 1/2 hour.

! Pain prevents me from standing for more than 10 minutes.

! Pain prevents me from standing at all.

### **Sleeping**

! Pain does not prevent me from sleeping well.

! I can sleep well only by using pain medication.

! Even when I take medication, I sleep less than 6 hours.

! Even when I take medication, I sleep less than 4 hours.

! Even when I take medication, I sleep less than 2 hours.

! Pain prevents me from sleeping at all.

### **Social Life**

! My social life is normal and does not increase my pain.

! My social life is normal, but it increases my level of pain.

! Pain prevents me from participating in more energetic activities (e.g., sports, dancing).

! Pain prevents me from going out very often.

! Pain has restricted my social life to my home.

! I have hardly any social life because of my pain.

### **Traveling**

! I can travel anywhere without increased pain.

! I can travel anywhere, but it increases my pain.

! My pain restricts my travel over 2 hours.

! My pain restricts my travel over 1 hour.

! My pain restricts my travel to short necessary journeys under 1/2 hour.

! My pain prevents all travel except for visits to the physician / therapist or hospital.

## Employment / Homemaking

! My normal homemaking / job activities do not cause pain.

! My normal homemaking / job activities increase my pain, but

I can still perform all that is required of me.

! I can perform most of my homemaking / job duties, but pain prevents me from performing more physically stressful activities (e.g., lifting, vacuuming).

! Pain prevents me from doing anything but light duties.

! Pain prevents me from doing even light duties.

! Pain prevents me from performing any job or homemaking chores.

---

### Quelle:

Fritz JM, Irrgang JJ. A comparison of a modified Oswestry Low Back Pain Disability

Questionnaire and the Quebec Back Pain Disability Scale. *Physical Therapy*. 2001;81:776-788.

<sup>a</sup>Modified by Fritz & Irrgang with permission of The Chartered Society of Physiotherapy, from

Fairbanks JCT, Couper J, Davies JB, et al. The Oswestry Low Back Pain Disability Questionnaire. *Physiotherapy*. 1980;66:271-273.