

Aus der Berufsgenossenschaftlichen Unfallklinik Tübingen

Klinik für Unfallchirurgie

Ärztlicher Direktor: Professor Dr. K. Weise

**Einbauverhalten vitalisierter Allografts bei
ventraler Spondylodese nach Frakturen im
thorakolumbalen Übergang**

**Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Medizin**

**der Medizinischen Fakultät
der Eberhard-Karls-Universität
zu Tübingen**

vorgelegt von

Christian Felix Ott

aus

Tübingen

2008

Dekan:

Professor Dr. I. B. Autenrieth

1. Berichterstatter:

Professor Dr. K. Weise

2. Berichterstatter:

Professor Dr. K.-K. Dittel

Widmung:

Meinen Eltern in Dankbarkeit.

Inhaltsverzeichnis:

1 EINLEITUNG	8
1.1 HISTORISCHER ÜBERBLICK	9
1.2 BIOMECHANIK DER LENDENWIRBELSÄULE	13
1.3 DEFINITION UND KLASSIFIKATION DER FRAKTUREN	14
1.3.1 DEFINITION	14
1.3.2 KLASSIFIKATION	15
1.4 DIAGNOSE	18
1.4.1 RÖNTGEN	19
1.4.2 COMPUTER TOMOGRAPHIE	20
1.4.3 MAGNETRESONANZTOMOGRAPHIE	20
1.4.4 RADIOLOGISCHE NACHKONTROLLE	21
1.5 OPERATIVE VERSORGUNG UND INDIKATIONSSTELLUNG	21
1.6 MATERIALIEN FÜR INTRA- UND INTERKORPORELLER SPONGIOSAPLASTIK	24
1.6.1 AUTOLOGE, ALLOGENE, XENOGENE KNOCHENGRAFTS	25
1.6.2 KERAMIKEN	27
1.6.3 CAGES	28
2 MATERIAL UND METHODEN	29
2.1 KOLLEKTIV	29
2.1.1 PATIENTENDATEN	29
2.1.2 PATIENTENAUSWAHL	30
2.1.3 UNFALLURSACHEN	31
2.1.4 BEHANDLUNG UND REHABILITATION	31
2.2 OPERATIVE STRATEGIE	31
2.2.1 ALLOGRAFT	37
2.3 DURCHFÜHRUNG DER DATENERHEBUNG	38
2.3.1 ERSTE NACHUNTERSUCHUNG	38
2.3.2 ZWEITE NACHUNTERSUCHUNG	39
2.4 SCORES	40
2.4.1 OSWESTRY SCORE	40
2.4.2 SF - 36 SCORE	41
2.5 KLINISCHE NACHUNTERSUCHUNG	44
2.5.1 BWS / LWS	44
2.6 RADIOLOGISCHE AUSWERTUNG	45
3 ERGEBNISSE	47
3.1 KOLLEKTIV	47
3.1.1 GESCHLECHT UND ALTER	47
3.1.2 UNFALLURSACHE	49
3.1.3 FRAKTURLOKALISATIONEN	51
3.1.4 HÄUFIGKEIT FRAKTURTYPEN	52

3.1.5	BEHANDLUNG / REHABILITATION	53
3.2	ERSTE NACHUNTERSUCHUNG	55
3.2.1	OSWESTRY SCORE	55
3.2.2	SF - 36	56
3.2.3	KLINISCHE NACHUNTERSUCHUNG	57
3.3	ZWEITE NACHUNTERSUCHUNG	59
3.3.1	OSWESTRY SCORE	59
3.3.2	SF - 36	60
3.4	ZEITLICHER VERLAUF	61
3.4.1	OSWESTRY SCORE	61
3.4.2	SF 36 SCORE	62
3.4.3	RADIOLOGISCHE AUSWERTUNG	65
3.5	FALLBEISPIELE	68
3.5.1	FALLBEISPIEL 1:	68
3.5.2	FALLBEISPIEL 2:	70
3.5.3	FALLBEISPIEL 3:	72
4	<u>DISKUSSION</u>	74
4.1	PROBLEME BEI DER DATENGEWINNUNG:	75
4.2	GESAMTERGEBNISSE KOLLEKTIV:	76
4.3	GESAMTERGEBNISSE KLINISCHE NACHUNTERSUCHUNG:	79
4.4	GESAMTERGEBNISSE RADIOLOGISCHE AUSWERTUNG:	80
4.5	RADIOLOGIE VS. KLINIK	83
4.6	AUSBlick	83
4.7	Schlussfolgerung	85
5	<u>ZUSAMMENFASSUNG</u>	86
6	<u>LITERATUR</u>	87
7	<u>ANHANG</u>	99
7.1	VERWENDETE MATERIALIEN	99
7.1.1	OSWESTRY LOW BACK PAIN DISABILITY-QUESTIONNAIRE	99
7.1.2	ÜBERSETZTE VERSION DES OWS	102
7.1.3	SF – 36 HEALTH SURVEY	106
7.1.4	MEßBLATT KLINISCHE UNTERSUCHUNG	109
8	<u>DANKSAGUNG</u>	110
9	<u>LEBENSlauf</u>	111

Abkürzungen:

Ø	=	Durchschnitt
AO	=	Arbeitsgemeinschaft Osteosynthese
a.– p.	=	anterior – posterior
BGU	=	Berufsgenossen- schaftliche Unfallklinik
BSE	=	Bovine Spongiforme Enzephalopathie
BWS	=	Brustwirbelsäule
bzw	=	beziehungsweise
cm	=	Centimeter
CT	=	Computer Tomographie
et al.	=	Et aliae
FBA	=	Finger – Boden – Abstand
FDA	=	Food and Drug Administration
HIV	=	Humane Immundefizienz Virus
HTP	=	Hüfttotalendoprothese
IQOLA	=	International Quality of Life Assessment Group
KHK	=	Koronare Herzkrankheit
KM	=	Knochenmark
KSW	=	körperlicher Summenskalenwert
L.E.	=	Lungenembolie
LGA	=	Liegen – Jugulum - Abstand
LOA	=	Leitender Oberarzt
LWS	=	Lendenwirbelsäule
MACS	=	Modulated Anterior Construct System
max.	=	maximal
min	=	Minute(n)
mm	=	Millimeter
MRT	=	Magnetresonanz Tomographie
NaCl	=	Natrium Chlorid
n. Chr.	=	nach Christus
OWS	=	Oswestry Score
OP	=	Operation
post OP	=	postoperative

PSW	=	psychischer Summenskalenwert
RWS	=	Rückenschmerzwert
TBF	=	Tissue Bank France
TVT	=	Tiefe Beinvenen Thrombose
SF - 36	=	Short Form 36 Health Survey
USA	=	United States of America
USS	=	Universal Spine System
v.a.	=	vor allem
v. Chr.	=	vor Christus
WS	=	Wirbelsäule
Z.n.	=	Zustand nach

1 Einleitung

Unbestrittenes Behandlungsziel im Management instabiler Verletzungen der Brust- und Lendenwirbelsäule ist die Wiederherstellung der Mobilität des Patienten ohne eine fortschreitende Deformität der Wirbelsäule und ohne das Auftreten von neurologischen Defiziten bzw. die Regression bestehender unfallbedingter neurologischer Ausfälle.

Um dieses zu erreichen, muss bei solchen Verletzungen, die als instabil und operationswürdig angesehen werden, eine stabile Versorgung der Fraktur erfolgen. Auch sollte darauf geachtet werden, dass dauerhaft die Wiederherstellung der statischen Funktion erreicht wird. Deren dauerhafter Wiederherstellung im verletzten Teilbereich kommt auch im Hinblick auf die Gesamtstatik der Wirbelsäule eine zentrale Bedeutung zu.

Über die Behandlung von Verletzungen der Brust- und Lendenwirbelsäule bestehen mannigfache Ansichten. Die Therapieempfehlungen für die gleiche Verletzung reichen von der konservativen Behandlung bis hin zu aufwendigen operativen dorso-ventralen Fusionierungen. (Aebi 1987, Benson 1992, Cantor 1993, Blauth 1996). Während der vergangenen Jahrzehnte hat sich jedoch die operative Stabilisierung thorakolumbaler Berstungsfrakturen mit transpedikulären dorsalen Implantaten zunehmend durchgesetzt. (Daniaux 1986, Dick 1987, Esses 1991, Gotzen 1995, Liljenqvist 1995, Blauth 1997, Junge 1997).

Bei instabilen Typ B- und Typ C-Verletzungen und solchen mit neurologischem Ausfall ist die operative Therapie indiziert. Die Art der Operation sollte so gestaltet sein, dass der Patient möglichst schnell zu mobilisieren ist. Daher fand die ventrale Spondylodese als Ergänzung der dorsalen Instrumentierung in den letzten Jahren zunehmend Anhänger. Bei den ventralen Zugängen sollte jedoch die Morbidität der Zugangswege so minimal wie möglich sein. In diesem Zusammenhang hat sich die Thorakoskopie bewährt. Durch diese Methode

konnte die mit der Thorakotomie verbundene Schädigung der Weichteile und des knöchernen Thorax deutlich reduziert werden, sodass die Morbidität dieser Eingriffe bedeutend gesenkt wurde. (Kim 2004)

Bislang galt die ventrale Spondylodese mit autologem Beckenkammspan als Standardverfahren zur operativen Fusion eines oder mehrerer Wirbelsäulensegmente. (Briem 2003). Die Gewinnung des Beckenkammspans ist jedoch mit einer zusätzlichen Morbidität verbunden. Um diese zu vermeiden, wurden zahlreiche Versuche unternommen, Knochenersatzstoffe zu verwenden. In der vorliegenden Studie wurde untersucht, ob und in welcher Form ein „vitalisiertes Allograft“ geeignet ist, eine knöcherne Wirbelkörperfusion zu ermöglichen.

Allograft wird schon seit längerem als Ersatz für autologen Knochen verwendet. Die Idee in dieser Studie war, lyophilisiertes Allograft mit körpereigenen Stammzellen aus dem Knochenmark zu beimpfen und somit zu „vitalisieren“. Die Kombination dieser beiden minimalinvasiven Methoden am thorakolumbalen Übergang der Wirbelsäule wurde bisher in der Literatur nicht beschrieben. Die Ergebnisse dieses Verfahrens sollen in dieser Arbeit anhand der Auswertung von CT Bildern, klinischer Nachuntersuchung und Befragung der Patienten mittels Oswestry - Score und SF 36 Score untersucht werden.

1.1 Historischer Überblick

Verletzungen der Wirbelsäule beschäftigen die Menschheit schon seit Jahrtausenden und lösen wie kaum andere Verletzungen Angst und Schrecken aus. Lange Zeit war das Wissen über die Biomechanik und Pathophysiologie von Verletzung der Wirbelsäule sehr begrenzt. Es fehlte auch an Erfolg versprechenden operativen Techniken und Implantaten, um Frakturen und Luxation zu reponieren und bis zur Heilung zu stabilisieren. Erst die beeindruckende Entwicklung der Wirbelsäulen Chirurgie und nicht zuletzt auch der Anästhesie schufen in den vergangenen drei Jahrzehnten die

Voraussetzungen für befriedigende Resultate selbst nach komplexen Verletzungen. Bereits im Papyrus Smith, der auf die Jahre 3000 bis 2500 v. Chr. datiert wird, findet man Empfehlungen für Zerrungen der Halswirbelsäule, Verrenkungen eines Halswirbelkörpers mit Tetraplegie sowie Verschiebungen und Berstungsbrüche eines Halswirbels mit Paraplegie. Verletzungen mit neurologischen Ausfällen sollten danach überhaupt nicht behandelt werden, da der Arzt bei der als sicher geltenden Erfolglosigkeit seiner Bemühungen Strafen befürchten musste. (Breasted 1930)

Hippocrates (460-377 v. Chr.) entwickelte erste Therapiemethoden zur Behandlung von Wirbelsäulenverletzungen ohne Lähmung. Unter anderem legte er die Grundlage für eine auch heute noch praktizierte Methode der Reposition von Frakturen. Hippokrates schlug als Erster vor, dieses Ziel durch Distraction, zum Beispiel auf einer Streckbank, und durch indirekten Druck auf den Scheitelpunkt der Verkrümmung zu erreichen. Interessanterweise spekulierte bereits Hippocrates, dass Verletzungen mit begleitender Lähmung nur durch Offenlegung des verletzten Wirbelkörpers therapiert werden können und nahm als erster den Gedanken an eine Wirbelsäulenchirurgie vorweg. Genauere Beschreibungen der Therapie von Hippocrates finden sich bei Celsus (25 v. Chr. – 50 n. Chr.).

Die Unterscheidung verschiedener Verletzungsarten geriet mit der Zeit in Vergessenheit: ab circa 100 v. Chr. bis in das 18. Jahrhundert stand nahezu ausschließlich die Beseitigung eines posttraumatischen, thorakolumbalen Gibbus - teilweise mit äußerst brutalen Methoden - im Vordergrund therapeutischer Bemühungen. Paul von Aegina (625 – 690 n. Chr.) empfahl ein Holzbrett als Schienung nach der Reposition sowie die operative Entfernung von verlagerten, auf das Rückenmark drückenden Knochenstücken und schmerzhaften, gebrochenen Dornfortsätzen. Roland von Parma (um 1210 n. Chr.) betonte die Bedeutung einer frühzeitigen Behandlung und reponierte manuell. (Bennet 1964)

Fabrizius von Hilden war der Erste, der eine offene Reposition mit einer an den Dornfortsätzen angreifenden Zange angab. Petit riet, in Hyperflexion zu reponieren, Malgaigne bevorzugt eine Hyperlordosierung. Bis zum Ende des 19. Jahrhunderts war die Entfernung von Knochenfragmenten und Geschossen die einzigen operativen Eingriffe an der Wirbelsäule.

Die erste Laminektomie wurde 1840 von Cline in London ausgeführt und löste eine jahrzehntelange Diskussion über den Nutzen dieses Verfahrens aus. (Willard 1871) Hadra wird die erste operative Stabilisierung im Jahr 1891 zugeschrieben. (Hadra 1975).

Eine röntgenologische Beschreibung der Wirbelsäulenverletzungen findet sich erstmalig in dem Buch „Die Verletzungen der Wirbelsäule und des Rückenmarks“ von W. Wagner (Königshütte) und P. Stolper (Breslau). In der Therapie waren Einrichtung und Extension sowie einfache Lagerung etabliert. (Wagner 1898)

Die Einführung der flächendeckenden Röntgendiagnostik ab 1925 stellte einen Meilenstein für die Behandlung von Verletzung der Wirbelsäule dar. Walter Haumann veröffentlichte 1930 „Die Wirbelbrüche und ihre Endergebnisse“. In dieser Publikation analysierte Haumann die später als „funktionelle Behandlung“ bezeichnete Therapie, die von Carl Löbker (1854-1912) begonnen und von Georg Magnus (1883-1942) weiter entwickelt wurde. (Haumann 1939) Auch später wurde dieses Therapiekonzept von Heinrich Bürkle de la Camp (1895-1974) weiter verfolgt. Die funktionelle Behandlung verzichtete auf die Reposition. Empfohlen wurden eine Flachlagerung mit Kissenunterstützung der Bruchstelle sowie die krankengymnastische Therapie ab dem Unfalltag. Das Stützkorsett, das zu dieser Zeit weit verbreitet war, wurde als schädlich erkannt. Eine Systematik der Wirbelbruchformen und Kenntnisse der Ausheilungsvorgänge fehlten zu dieser Zeit.

Ein Vertreter einer grundsätzlich anderen Richtung war Lorenz Böhler (1885-1973). Er favorisierte eine primär chirurgische Therapie mit Aufrichtung im ventralen oder dorsalen Durchgang, verbunden mit einem Längszug. Er sicherte das Behandlungsergebnis durch einen Gipsmieder. Zugleich wurde dem Patienten eine sofortige Bewegungstherapie verordnet.

Erst in den letzten 30 Jahren wurde in der Wirbelsäulenchirurgie das erreicht, was an den Gliedmaßen mit der modernen Osteosynthese schon lange entwickelt war: Die Möglichkeit, die Form der verletzten Wirbelsäule als Grundlage der Funktion wiederherzustellen. Die erforderliche langdauernde Ruhigstellung wurde anstelle einer äußeren Immobilisation durch eine operativ eingesetzte innere Stabilisierung ermöglicht. Der Weg bis dahin war mühsam und nur möglich durch die neuen bildgebenden Verfahren. Den entscheidenden Fortschritt in der Diagnostik von Wirbelsäulenverletzungen verdanken wir vor allem der Computertomographie.

Die operative Versorgung von thorakolumbalen Wirbelfrakturen erfuhr mit der Einführung der transpedikulären Fixation durch Roy - Camille eine entscheidende Wende. (Roy – Camille 1986) Die technische Weiterentwicklung zum „Fixateur interne“ nach Dick und die Modifikation mit der Spannzangenbacke erlaubt es, einen frakturierten Wirbel in allen Ebenen zu korrigieren und kurzstreckig zu stabilisieren. (Dick 1987) Die dorsale Spondylodese und die transpedikuläre intra- und interkorporelle Spongiosaplastik sollten den Korrekturverlust nach initialer Reposition verhindern. (Daniaux 1986)

Eine weitere Entwicklung erfuhr die Behandlung von Wirbelsäulenverletzungen mit der Einführung der ventralen Spondylodese. Ani et al. wiesen nach, dass eine ventrale sowie eine zusätzliche dorsale Stabilisierung mit Pedikelschrauben eine deutlich höhere Festigkeit bewirkt, welche sich vor allem auf die axiale Rotation und Dorsalflexion auswirken. (Ani 1991) Diese Kombination von ventraler und dorsaler Stabilisierung hat sich bis zum heutigen Tage vielfach bewährt und wird vielerorts erfolgreich durchgeführt.

Problematisch bei ventralen Spondylodesen ist jedoch die gegenüber dem dorsalen Verfahren erhöhte Zugangsmorbidität (Faciszewski 1995), die erst durch die Einführung der Thorakoskopie deutlich reduziert werden konnte.

Die Thorakoskopie ist seit langem bekannt und ein wesentlicher Bestandteil der Diagnostik und Therapie von Erkrankungen des Brustraums geworden. Erste Berichte über endoskopische Eingriffe an der Wirbelsäule sind mit den Namen von Regan und Mack im amerikanischen sowie mit dem Namen des Neurochirurgen Rosenthal im deutschsprachigen Raum verbunden. (Mack 1993, Rosenthal 1994, Regan 1995) Beisse et al. etablierten das Verfahren zur Versorgung traumatischer Verletzungen der Wirbelsäule im Jahre 1996 und ermöglichten mit diesem Verfahren eine deutliche Reduktion der Zugangsmorbidität. (Beisse 2000, Beisse 2001)

1.2 Biomechanik der Lendenwirbelsäule

Die Lendenwirbelsäule bietet bei hoher Stabilität gleichzeitige Flexibilität. Bedingt werden diese Eigenschaften durch den segmentären Aufbau, bei dem sich weiche Gewebe mit starren Knochenstrukturen abwechseln (Evans 1985) Durch das intervertebrale Bandscheibengelenk mit starken, kurzen Bändern, straffem Kapselapparat und nur geringfügiger Beweglichkeit wird die vertikale Stabilität der Wirbelsäule gesichert.

Durch die beiden Facettengelenke werden Abgleiten und Rotation des jeweils höher gelegenen Wirbelkörpers bei der Rumpfbeugung verhindert. Vorderes und hinteres Längsband, Ligamentum flavum und Ligamentum interspinosum stabilisieren zusammen mit den paraspinalen Muskeln und Bändern das Ausmaß der Wirbelsäulenbewegung, insbesondere von Rotationsbewegungen. (Farfan 1979)

Die Wirbelgelenke sind verzapfte Scharniergelenke, die nur bestimmte Bewegungsrichtungen zulassen. Bei einer axialen Belastung der Wirbelsäule

mit symmetrischer Kompression und Höhenminderung des Zwischenwirbelabschnitts kommt es zu einer teleskopartigen Verschiebung der Gelenkflächen in kraniokaudaler Richtung. Auch bei Lordosierung und Kyphosierung verschieben sich die Gelenkflächen, in den oberen Abschnitten der Wirbelsäule mehr in Frontal-, und in der Lendenwirbelsäule in Sagittalebene. Bandscheibe und Wirbelgelenke bilden eine funktionelle Einheit, die auch bei starken mechanischen Beanspruchungen elastisch reagiert. (Kummer 1981)

1.3 Definition und Klassifikation der Frakturen

1.3.1 Definition

Eine Fraktur definiert sich als die Trennung des Zusammenhalts eines über seine Elastizitätsgrenze hinaus belasteten Knochens unter Bildung zweier oder mehrerer Bruchstücke (Fragmente) mit oder ohne deren Verschiebung (Dislocatio). Als sichere Zeichen gelten abnorme Beweglichkeit, Reibegeräusche bei Bewegung (Crepitatio), Achsenfehlstellungen, ein anfänglicher Muskelstupor sowie die entsprechenden Röntgenbefunde, als unsichere Zeichen Hämatom, Schmerz und Funktionsstörung. Als Komplikationen treten Nerven-, Gefäß- und Gelenkverletzungen, Schock, Fettembolie, eine ischämische Kontraktur, Nekrosen, Brückenkallus und Pseudarthrose auf. Die Fraktur ist meist Folge einer direkten, örtlich begrenzten oder indirekten, fortgeleiteten Gewalteinwirkung auf gesunde Knochen.

Bei Frakturen der Wirbelsäule ist eine der häufigsten Lokalisationen der biomechanisch ungünstig gestaltete thorakolumbale Übergang mit dem Wechsel von der BWS – Kyphose zur Lendenlordose. Die typischen Verletzungen der Lendenwirbelsäule (LWS) lassen sich in Prellungen, Zerrungen und Frakturen unterteilen. Stürze auf den Rücken mit gleichzeitiger Rotation der Wirbelsäule sind die Hauptursache von Frakturen. (Knop 1997)

1.3.2 Klassifikation

An der LWS haben sich jene Einteilungen bewährt, die eine 3 Säulen Konstruktion zur Grundlage nehmen. Diese Klassifikationen beziehen ausdrücklich den ligamentären Komplex mit in die Beurteilung ein. An der LWS besonders wichtig ist die Reaktion der Bandscheibe auf das knöcherne Trauma. Der Diskus ist besonders bei Berstungsbrüchen an der LWS mit verletzt.

Die präzise Klassifikation von Wirbelsäulenverletzungen ist unerlässlich für die adäquate konservative oder operative Therapie und eine verlässliche Prognoseabschätzung. Eine sinnvolle Einteilung muss dem Anspruch genügen, das Spektrum möglicher Verletzungen aus charakteristischen radiologischen Befunden abzuleiten und mit einer einheitlichen Terminologie zu beschreiben. Dabei ist auf die anatomischen und biomechanischen Besonderheiten der zervikalen und thorakolumbalen Wirbelsäule zu achten. Die vorgestellte Klassifikation basiert auf pathomorphologischen Befunden und berücksichtigt sowohl die verschiedenen Verletzungsmechanismen als auch wichtige prognostische Gesichtspunkte.

Böhler (Bohlmann 1976) war vor mehr als 50 Jahren der Erste, der Wirbelsäulenverletzungen systematisch klassifizierte. Zur Einteilung in stabile und instabile Verletzungen gibt die von Magerl et al. angegebene Klassifikation Hilfestellung. (Magerl 1994). Die Klassifikation beruht auf dem 2-Säulen-Konzept von Whitesides mit der Vorstellung einer überwiegend unter Druck beanspruchten ventralen und einer überwiegend bei Zugkräften beanspruchten hinteren Säule. (Whitesides 1977). Die Einteilung erfolgt in Anlehnung an das ABC-System der Arbeitsgemeinschaft Osteosynthese (AO) in 3 Gruppen, wobei A-Verletzungen die ventrale Säule betreffen, B-Verletzungen zusätzliche Läsionen der dorsalen Strukturen aufweisen und C-Verletzungen die komplexen Komplettläsionen umfassen.

Die Schwere der Verletzung und der Grad der Instabilität werden in einer einfachen und konsistenten Beschreibung repräsentiert. In Anlehnung an die AO-Frakturklassifikation werden die Verletzungen dabei in drei Kategorien eingeteilt, die ihrerseits weiter klassifiziert werden. Hier ein grober Überblick der Einteilung nach Magerl et al. (Magerl et al 1994):

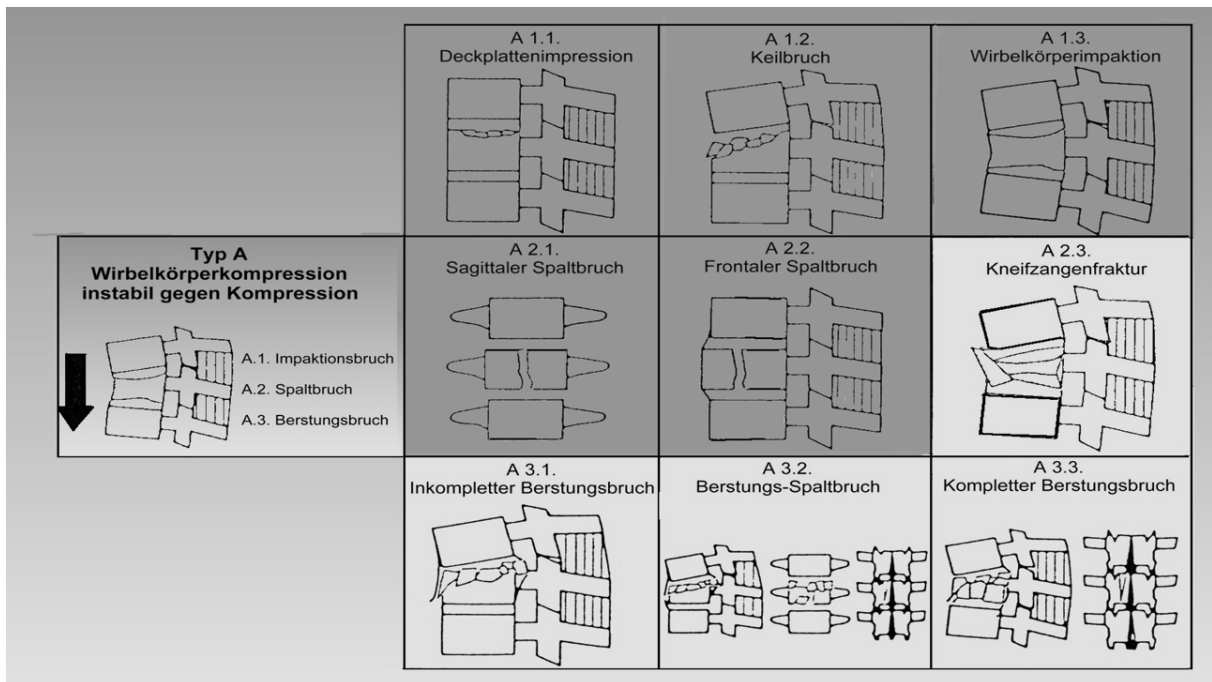


Abb. 1: Typ A Frakturen nach Magerl

Dem Typ A werden die häufigen Kompressionsfrakturen der Wirbelkörper zugerechnet. Hierbei werden unterschieden: A1: Impaktionsfraktur, A2: Spaltfraktur, A3: Berstungsbruch

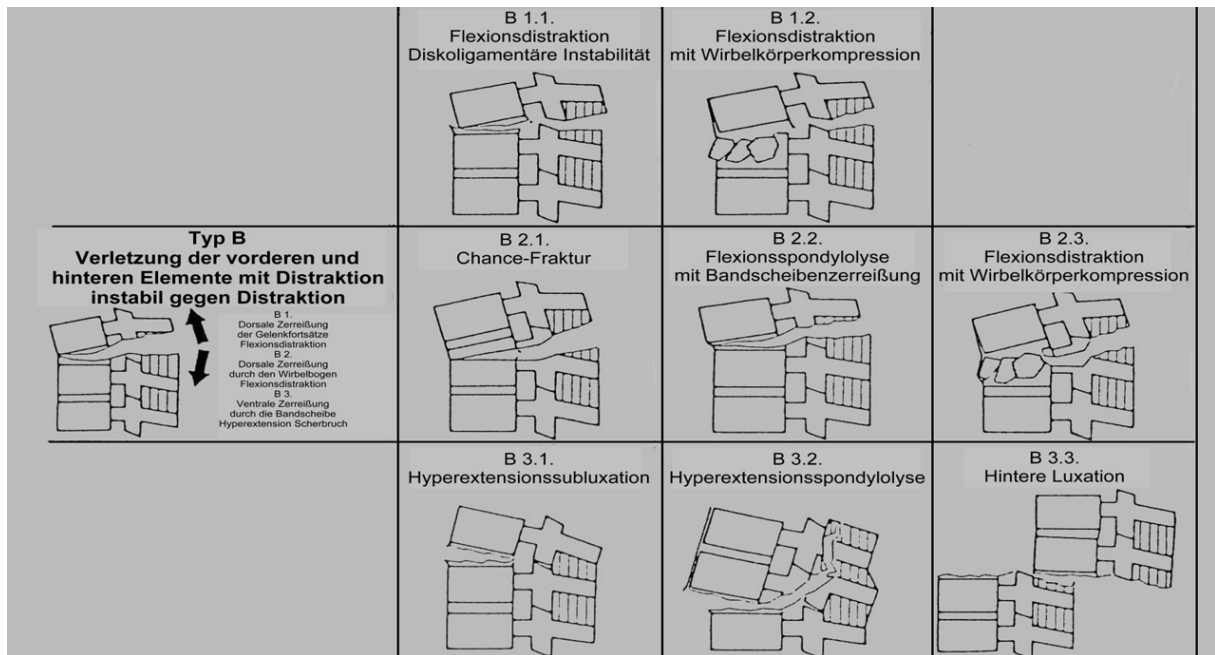


Abb. 2: Typ B Frakturen nach Magerl

Unter Typ B finden sich Verletzungen der anterioren und posterioren Wirbelelemente mit den Zeichen der Distraktion. Hierbei werden unterschieden: B1: Flexions- Distraktionsverletzung mit dorsaler Zerreißung durch die Intervertebralgelenke, B2: Flexions- Distraktionsverletzung mit dorsaler Zerreißung durch den Wirbelbogen, B3: Hyperextensions – Scherverletzung mit ventralem Bandscheibenriss.

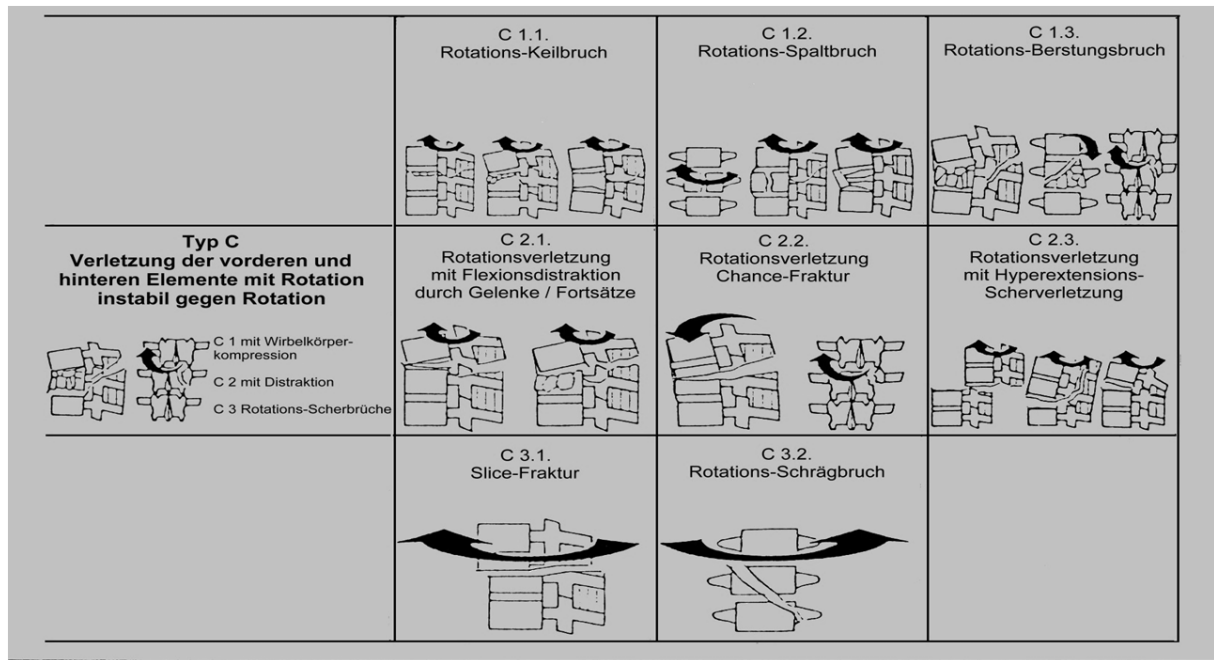


Abb. 3: Typ C Frakturen nach Magerl

Als Typ C werden schließlich die Verletzungen klassifiziert, die zusätzlich eine Rotationskomponente aufweisen. Hierbei werden unterschieden: C1: Typ A Verletzung mit Rotation, C2: Typ B Verletzung mit Rotation, C3: Rotations – Scher – Fraktur. Die charakteristischen radiologischen Befunde der verschiedenen Verletzungsmuster lassen sich sowohl mit konventionellen Röntgenaufnahmen in zwei Ebenen als auch mit den Schnittbildverfahren Computertomographie und Magnetresonanztomographie erfassen.

1.4 Diagnose

Ein großes Problem bei Verletzungen im thorakolumbalen Übergang ist, dass sie oft so geringe Symptome verursachen, dass der Verletzte keinen Arzt aufsucht oder eine weiterführende Diagnostik nicht für notwendig gehalten wird. Anamnese und klinische Untersuchungen besitzen daher einen hohen Stellenwert: Samuels und Kerstein fanden bei verdächtiger Anamnese oder auffälligem klinischen Befund bei 58% ihrer Patienten ein positives Röntgenbild.

Auf keiner Röntgenaufnahme war eine Fraktur zu finden, wenn dafür klinisch keine Anhaltspunkte bestanden. (Samuels 1993)

Die bloße klinische Untersuchung kann nicht nur den Verdacht auf eine Wirbelsäulenläsion stärken, sondern auch der Höhenlokalisierung dienen und Hinweise auf die Art der Verletzung geben. Da die Untersuchungsmöglichkeiten beim Schwerverletzten eingeschränkt sind, sollte immer die gesamte Wirbelsäule geröntgt werden.

Magerl et al. konnten nachweisen, dass die Häufigkeit neurologischer Zusatzverletzungen mit zunehmender Verletzungsschwere von Typ A nach C zunimmt. (Magerl 1994)

1.4.1 Röntgen

Grundlage jeder röntgenologischen Untersuchung der thorakolumbalen Wirbelsäule sind Aufnahmen im a. – p.- und seitlichen Strahlengang. Ist eine Verletzung nachgewiesen, muss stets die gesamte Wirbelsäule überprüft werden. Bei Serienverletzungen, also Frakturen mehrerer benachbarter Wirbelkörper, ist mit neurologischen Ausfällen bei 80% der Patienten zu rechnen. (Calenoff 1978)

Bei der a. - p.- Aufnahme lassen sich seitliche Höhenminderung von Wirbelkörpern, unterschiedliche Abstände oder Seitenversetzung der Dornfortsätze, sowie senkrecht oder quer verlaufende Frakturen dorsaler Wirbelanteile darstellen.

Bei der seitlichen Aufnahme im thorakolumbalen Bereich muss daran gedacht werden, dass eine ursprüngliche Fehlstellung durch die Rückenlage des Patienten reponiert sein kann. Auch unabhängig davon wird das wahre Ausmaß einer posttraumatischen Verschiebung nur selten auf den Röntgenaufnahmen sichtbar werden. In der seitlichen Aufnahme lassen sich jedoch Parameter wie eine Unterbrechung der hinteren Wirbelkörperlinie, das Ausmaß der Wirbelkörperkompression, sowie die Beurteilung der Höhe des

Intervertebralraumes, oder die Verlagerung von Hinterkantenfragmenten gut beurteilen.

1.4.2 Computer Tomographie

Nach der Einführung der Computer Tomographie (CT) in den frühen siebziger Jahren wurde schnell deutlich, dass die verletzte Wirbelsäule eines der wichtigsten Anwendungsgebiete sein würde. Die CT gibt vor allem Auskunft über das Ausmaß einer Verletzung. (Post 1983)

Die CT liefert die beste Darstellung für Knochengewebe. Die Möglichkeit die Frakturen in verschiedenen Schnittebenen zu betrachten und zur Operationsplanung eine 3D Rekonstruktion des frakturierten Wirbelkörpers durchführen zu können, hat die Diagnostik revolutioniert.

Auch auf konventionellen Aufnahmen häufig übersehene Frakturen der Laminae, der Pedikel und der Gelenkfortsätze lassen sich damit gut erfassen. Die Kombination einer CT und einer Myelographie mit wasserlöslichem Kontrastmittel kann dazu dienen, traumatische Einengungen des Rückenmarks durch verlagerte Bandscheiben- oder Knochenfragmente sichtbar zu machen.

1.4.3 Magnetresonanztomographie

Diese Methode hat die diagnostischen Möglichkeiten auch an der Wirbelsäule wesentlich erweitert. Ihre besonderen Vorteile liegen darin, dass zusätzliche Weichteilverletzungen und vaskuläre Strukturen mit dargestellt werden können.

Es entstehen keine Knochenartefakte und Signalverluste bei adipösen Patienten. Nachteilig ist, dass die knöchernen Anatomie weniger detailliert als in der CT dargestellt wird und verschiedene Kontraindikationen zu beachten sind, zum Beispiel implantierte Herzschrittmacher. Dazu kommt, dass die Geräte noch nicht überall vorhanden sind und beatmete Patienten nur unter großem Aufwand untersucht werden können. Auch ist der zeitliche Aufwand im Vergleich zum Röntgen oder zur CT deutlich größer, was sicher auch ein Grund

dafür ist, warum die Magnetresonanztomographie (MRT) nicht an erster Stelle in der Notfalldiagnostik steht.

Jedoch ist auch hier die Entwicklung immer leistungsfähigerer Geräte, welche in immer kürzerer Zeit und immer höherer Auflösung - zudem ohne Röntgenstrahlenbelastung, - detailgenaue Aufnahmen des Patienten machen können erst am Anfang.

1.4.4 Radiologische Nachkontrolle

Auch bei der Verlaufskontrolle postoperativ, lassen sich mittels der vorgestellten Verfahren gute Aussagen über die morphologische Darstellung der eingebrachten Transplantate treffen. Bei problemlosen klinischen Verlauf und beschwerdefreiem Patienten ist die nativradiologische Stellungskontrolle der Wirbelsäule ausreichend und eine weiterführende radiologische Diagnostik sowohl im Hinblick auf die Strahlenbelastung als auch unter ökonomischen Gesichtspunkten entbehrlich.

In den Fällen, die kein gutes klinisches Ergebnis aufweisen, bei denen trotz Spondylodese nativradiologisch ein Korrekturverlust zu beobachten ist oder bei denen die Indikation zur Entfernung der dorsalen Instrumentierung wegen hier lokalisierten Beschwerden diskutiert wird, kommt der Dokumentation der Wirbelkörperperfusion besondere Bedeutung zu.

1.5 Operative Versorgung und Indikationsstellung

Bei den operativen Verfahren zur Versorgung der Frakturen im Bereich des thorakolumbalen Überganges, werden die ventrale und dorsale Stabilisierung unterschieden. Der ventrale Zugang bietet bei A - Verletzungen Vorteile, da die dorsale Muskulatur intakt bleibt, man sich am Hauptort der Verletzung befindet

und Dekompression beziehungsweise Abstützung über einen Zugang kombiniert werden können.

Eine Möglichkeit zur Auffüllung eines gebrochenen und kollabiert Wirbelkörpers stellt die von Daniaux entwickelte transpedikuläre Spongiosaplastik dar. (Daniaux 1986) So wurde in Studien nachgewiesen, dass im Gegensatz zu Operationen ohne Spongiosaplastik eine Lockerung der Implantate signifikant verringert werden konnte. (Ebelke 1991)

Die Definition der Stabilität einer Wirbelsäule bleibt jedoch komplex und der Begriff der „klinischen Instabilität“ ist umstritten. Bei den operativ zu versorgenden A-Verletzungen (Teile der A2- und A3-Verletzungen) sowie allen B- und C-Verletzungen wird die Vorgehensweise anhaltend kontrovers diskutiert. (Whitesides 1977, Magerl 1994) Einigkeit besteht jedoch darüber, dass mit einigen operativen Verfahren das Ziel einer dauerhaften Formwiederherstellung nicht durchgehend erreicht werden kann. Eine Distraction der Wirbelsäule zu Reposition und Aufrichtung gebrochener Wirbelkörper wird mit transpedikulär verankerten Implantaten, des von Dick und Kluger entwickelten Fixateur interne erreicht. (Kluger 1986, Dick 1987)

Eine alleinige dorsale Stabilisierung mit einem Fixateur interne kann dauerhaft die ventrale Säule nicht genügend stabilisieren. (Wälchli 2001) Vor und nach Metallentfernung wurden fortschreitende Sinterungen beobachtet, die wegen des Kollapses der verletzten Bandscheibe die ursprüngliche, unfallbedingte Fehlstellung teilweise sogar übertrafen (Dick 1987, Ostemann 1990, Eysel 1994). Auch für die additive transpedikuläre Spongiosaauffüllung des Bandscheibenraumes haben verschiedene Autoren einen erheblichen Korrekturverlust nachgewiesen (Daniaux 1986, Liljenqvist 1995, Knop 2001). Ursachen hierfür liegen eindeutig in der Biomechanik begründet. Etwa 80% der axialen Last liegt auf der ventralen Säule und 20% im Bereich der posterioren Anteile. (Harms 1999)

Es hat sich gezeigt, dass eine alleinige Spanaugmentation im zerstörten Bandscheibenraum nicht ausreichend ist. Der eingebrachte Span muss zusätzlich durch eine additive Plattenosteosynthese gesichert werden. (Ostermann 1999)

Diese Art der dorsoventralen Stabilisierung wird bei Frakturen durchgeführt, bei denen ein Bandscheibenraum zerstört ist, jedoch mindestens 50% des Wirbelkörpers intakt sind. Hier erfolgt die eine dorsale Stabilisierung und Reposition mittels Fixateur interne, eine monosegmentale ventrale Fusion mit einem Span aus dem Beckenkamm plus einer Platte oder einem zusätzlichen Fixateur als linkslaterale Sicherung. (Wilke 2001)

Ein wichtiges Kriterium bei transpedikulär verankerten Implantaten ist die korrekte Lage der Pedikelschrauben. In der Literatur sind Ergebnisse von verschiedenen experimentellen Untersuchungen zur Genauigkeit der Schraubenimplantation zu finden, die unterschiedlich hohe Raten an Fehllagen aufwiesen (Roy-Camille 1986, Gertzbein 1990). Der Anteil falsch gesetzter Schrauben war dabei stark abhängig von der Erfahrung des Operateurs (Vacarro 1995). Zu den möglichen Konsequenzen von Fehllagen zählen Verletzungen des Diskus, von Gefäßen und neurogenen Strukturen sowie angrenzender Organe und ein verminderter Halt der Schrauben im Wirbel. (Blauth 1998)

Bei der kombinierten Stabilisierung können die Vorteile der ventralen und dorsalen Technik kombiniert werden. So lassen sich von dorsal Fehlstellungen hervorragend reponieren und mit transpedikulären Implantaten stabilisieren. Durch das ventrale Vorgehen kann eine gute Dekompression erreicht werden und die Knochenspäne eingebracht werden. (Beisse 1999)

Um eine knöcherne Einheilung des eingebrachten Spans zu erreichen, wird nach Entfernung der Bandscheibe und Anfrischen der Deck- und Bodenplatte der intervertebrale Raum gefüllt. Es ist dabei darauf zu achten, dass die Grund-

und Deckplatten soweit entknorpelt werden, bis die subchondrale, relativ harte Knochenschicht mit Blutpunkten erscheint. Diese Schicht sollte nicht abgetragen werden, um ein Einsinken des Spanes in den spongiösen Knochen zu vermeiden. Auf der anderen Seite kann eine unzureichende Entfernung der Kortikales eine knöcherne Durchbauung verhindern.

1.6 Materialien für intra- und interkorporeller Spongiosaplastik

Bei den Knochenersatzstoffen konkurrieren heute verschiedene Biomaterialien. Die für die Spongiosaplastik verwendeten Materialien sind vor allem Knochengrafts (autologe, allogene, xenogene), Keramiken oder Cages. (Roosen 1982, Shono 1993, Madawi 1996, Cunningham 1999)

Autografts sind Grafts, die von einer knöchernen Struktur eines Lebewesens in eine andere übertragen werden. Allografts werden innerhalb derselben Spezies transferiert, Xenografts dagegen von einer Spezies auf eine andere. Knochenersatzmittel müssen osteoinduktiv, osteokonduktiv und osteostimulativ wirken, um die Knochenneubildung zu fördern, als Leitschiene zum Einwachsen eines reparierenden Knochenblastems zu dienen und die Knochenheilung über das physiologische Maß hinaus zu gewährleisten. (Refior 1998)

Das Ziel der Knochenersatzmittel ist, dass Resorption und biologischer Abbau im Rahmen der Reparationen, im Sinne der „Platzhalterfunktion“, nur mit der Geschwindigkeit erfolgen, mit der der autochthone Knochen den Defekt ausfüllt, beziehungsweise unter physiologischen Bedingungen das betroffene knöcherne Segment im weiteren Verlauf „remodelt“.

Bei der Verwendung von Knochenersatzmitteln wurden verschiedenste Untersuchungen zur Beschaffenheit von Knochenmatrices durchgeführt. Die Demineralisierung und Fällung des Knochenkollagenes scheint dabei eine entscheidende Rolle bei der Knochenneubildung zu spielen. (Urist 1973) Auf der Suche nach der eigentlich aktiven, in der Knochenmatrix enthaltenen

Verbindung, dem „bone morphogenetic protein“ (BMP), wurde die Matrix immer stärker aufgeschlüsselt. (Urist 1983).

1.6.1 Autologe, allogene, xenogene Knochengrafts

Autologer und allogener Knochengraft hat den Vorteil, dass keine Fremdkörper verbaut werden und eine komplette knöcherne Fusion erreicht werden kann. Bei der autologen Beckenkamm Spongiosa wird autogener Knochen vom Beckenkamm als Spongiosachips oder als kortikospongiöser Span entnommen und im Laufe desselben operativen Eingriffs in den zu behandelnden knöchernen Defekt eingebracht. Autogene Spongiosa ist nach wie vor das wirksamste Material zur Behandlung von Knochendefekten und die Verwendung von autologer Beckenkamm Spongiosa kann nach wie vor als der „Goldene Standard“ angesehen werden, da sie hinsichtlich ihrer biologischen Aktivität jedem anderen Material bei weitem überlegen sind. (Schweiberer 1982, Rueger 1998)

Autogener Knochen weist nicht nur osteokonduktive Eigenschaften auf, sondern verfügt durch die transplantierten Zellen auch über eigenes osteogenetisches Potenzial. Der guten Bioaktivität autogener Transplantate stehen ihre begrenzte Verfügbarkeit und potenzielle Komplikationen an der Entnahmestelle gegenüber. (Sandhu 1999)

Hinsichtlich der lokalen Komplikationen an der Entnahmestelle werden in der Literatur unabhängig von der Indikation in bis zu 55% der Fälle lang anhaltende Wund- und Belastungsschmerzen sowie Sensibilitätsstörungen beschrieben. (Wippermann 1997) Größere Komplikationen wie Hämatom, Infektion oder gar Frakturierung des Beckenkamms, die eine stationäre Wiederaufnahme des Patienten erforderlich machen, werden hingegen selten beschrieben. (Goulet 1997)

Aufgrund der dargestellten Probleme bei der Verwendung autogenen Materials zum Zwecke des Knochenersatzes ist die Suche nach alternativen Verfahren Gegenstand umfassender Forschungsaktivitäten. Als Alternative zu den autogenen Transplantaten sind in der Wirbelsäulen Chirurgie neben allogenen Materialien eine Vielzahl von Knochenersatzmitteln verfügbar, bei deren Einsatz ein Zweiteingriff mit entsprechender Komorbidität vollständig entfällt.

Solche osteoinduktiven Implantate sind demineralisierte Knochenmatrix und dissoziativ extrahierte, gereinigte Knochenmatrixbestandteile. (Thielemann 1984, Bolander 1986) Allogene Transplantate haben sich für orthopädische Indikationen im klinischen Einsatz bewährt. (Munting 2001, Schmid 2007) Der große Vorteil von Allograft gegenüber Autograft ist seine Verfügbarkeit in allen Größen und Formen. Nachteilig ist jedoch, dass Allograft initial längere Zeit zur knöchernen Fusion benötigt und langsamer vaskulär versorgt wird. (Prolo 1995)

Berücksichtigt werden muss allerdings der hohe Aufwand in der Betreuung von Knochenbanken und dass, wenn auch geringe, Restrisiko eine Übertragung humanpathogener Keime. (Sommerfeldt 1998) Zur Minimierung der Gefahr einer Übertragung von humanpathogenen Keimen, sind entsprechende Richtlinien für Spenderauswahl und Organisation einer Knochenbank entwickelt worden. (Wissenschaftlicher Beirat der Bundesärztekammer 1990)

Xenogene Grafts bestehen üblicherweise aus Rinderknochen. Bei ihnen besteht das Problem der mangelnden Enteiweißung (so z. B. der bekannte Kieler Knochenspan) und der damit verbundenen immunogenen Fremdkörperreaktion, die eine Knochenneubildung weitgehend verhindert. (Schweiberer 1967) Auch hierbei besteht die Gefahr der Übertragung von pathogenen Keimen, insbesondere die Gefahr des Artensprunges bei Viren und der damit einhergehenden Erzeugung von neuen Krankheiten.

1.6.2 Keramiken

Knochenersatzmittel sind Biomaterialien. Biomaterialien werden definiert als nicht körpereigene Substanzen, die nach der Implantation in den menschlichen Organismus dort vorhandene strukturelle Elemente, ganze Gewebe und deren Funktionen ersetzen. Da man aufgrund der bisher gemachten Untersuchungen davon ausgehen muss, dass von bestimmten Materialien nur ganz gewisse Reaktionen erwartet werden dürfen, sind diese Biomaterialien nicht für jede Knochendefektbehandlung geeignet. (Rueger 1998) Zu solch typischen Reaktionen am Implantationsort im Knochen zählt zum Beispiel das osteokonduktive Verhalten von Keramiken.

Die Ziele, die mit Biomaterialien für den Knochenersatz erreicht werden sollen, gehen über den einfachen Ersatz des körpereigenen Gewebes durch ein künstliches Implantat hinaus. Es wird angestrebt, die Knochenheilung im Bezug auf die Mengen und Qualität des neu gebildeten Knochens zu fördern, und gleichzeitig ein mechanisch besser belastbares Implantat, als es das autogene knöchernen Transplantat ist, zu entwickeln.

Kalziumphosphatverbindungen mit einem stöchiometrischen Ca/P - Verhältnis zwischen 1,0 bis maximal 2,0 weisen die beste biologische Verträglichkeit auf. (Bauer 1986) Unter den Knochenersatzmitteln sind kalziumphosphathaltige Zemente erfolgreich für spinale Fusionseingriffe eingesetzt worden. (Heini 2001) Diese Substanzgruppen weisen hauptsächlich osteokonduktive Eigenschaften auf, sind jedoch nur in begrenztem Ausmaß biodegradierbar und verfügen in der Regel über schlechtere mechanische Eigenschaften als autogener Knochen.

1.6.3 Cages

Zu den Knochenersatzmaterialien sind auch die Cages zu rechnen. Man unterscheidet extendierbare und nicht extendierbare Implantate. Extendierbare Modelle ermöglichen eine sichere Reposition des zu versorgenden Segments und sind bei stark zerstörten Wirbelkörpern auch als Wirbelkörperersatz geeignet. Ihnen wird jedoch ein sogenanntes „Stress – shielding“ nachgesagt, da sie intraoperativ aufgespreizt werden und so den Druck auf Grund- und Deckplatte erhöhen. (Kandziora 2004) Dem gegenüber stehen die nicht extendierbaren Cages. Ihr Wirkungsprinzip besteht darin, dass sie die Knochenfragmente, mit welchen sie befüllt werden, komprimieren und somit eine beschleunigte knöcherne Heilung gewährleisten können. Für einige Cage - Modelle scheint grundsätzlich auch die Möglichkeit einer minimal - invasiven Instrumentierung gegeben zu sein. (Kossmann 2001)

2 Material und Methoden

2.1 Kollektiv

2.1.1 Patientendaten

Die vorliegende Studie basiert auf der Analyse eines Patientenkollektivs, welches im Zeitraum von März 2004 bis März 2005 an der Berufsgenossenschaftlichen Unfallklinik (BGU) Tübingen wegen Frakturen der thorakolumbalen Wirbelsäule operativ versorgt wurde. In diesem Zeitraum wurden insgesamt 20 Patienten mit einem Durchschnittsalter von exakt 40 Jahren in die vorliegende Untersuchung eingeschlossen. (jüngster: 24, ältester: 65 Jahre). Es handelte sich um 6 weibliche (30 %) und 14 männliche (70 %) Patienten, dies entspricht einem Verhältnis Frauen zu Männern von 1 : 2,3. Das Studiendesign entspricht einer retrospektiven Nachuntersuchungsstudie bei homogenem Patientengut und festgelegten Behandlungsprotokollen.

Bei den 20 Patienten wurden insgesamt 33 Operationen durchgeführt, 13 Patienten wurden sowohl dorsal mittels Fixateur interne, als auch durch ventrale thorakoskopische Stabilisierung durch MACS (Aesculap) und „vitalisiertem“ Allograftblock versorgt (4 Frauen, 9 Männer). 7 Patienten wurden ausschließlich durch ventrale thorakoskopische Stabilisierung mit Hilfe des MACS und „vitalisiertem“ Allograftblock versorgt (2 Frauen, 5 Männer). Zwei Patienten hatten, bedingt durch die Schwere der Verletzung, eine Rückenmarksbeteiligung mit anschließender Paraplegie. Die auszuwertenden Daten wurden aus den Akten der BGU entnommen und auf einem Auswertungsbogen dokumentiert.

2.1.2 Patientenauswahl

In die Untersuchung wurden postoperativ alle volljährigen Personen aufgenommen, die im Zeitraum von März 2004 bis März 2005 an der Berufsgenossenschaftlichen Unfallklinik (BGU) Tübingen durch eine thorakoskopische Stabilisierung mittels „Modulated Anterior Construct System“ (MACS, Fa. Aesculap) und „vitalisiertem“ Allograftblock versorgt wurden.

Einschlusskriterien:

- Alter mindestens 18 Jahre
- Monosegmentale Wirbelkörperverletzung
- Fraktur TH11 – L1
- Versorgung mit Allograft

Ausschlusskriterien:

- Alter über 70
- Unzureichende Sprachkenntnisse
- Postoperative Komplikationen (z.B. Wundinfektion, Pneumonie, TVT, L.E., Nachblutung)
- Polytrauma (z.B. zusätzliches Schädel – Hirn – Trauma, schwere Verletzungen der Extremitäten)
- Schwerwiegende internistische Erkrankungen (z.B. KHK, Diabetes mellitus, zerebraler Insult, maligne Erkrankungen)
- Psychiatrische Vorerkrankungen
- Nicht vollständige radiologische Nachuntersuchung
- Lockerung des Fixateur interne

2.1.3 Unfallursachen

Hier wurde untersucht, welches schädigende Ereignis die entstandene Verletzung verursachte und wie die Lokalisationen der Frakturen verteilt waren.

2.1.4 Behandlung und Rehabilitation

Hier wurde der Zeitraum (in Tagen) zwischen dem Unfalltag und dem OP Tag der ventralen, thorakoskopischen Spondylodese, sowie der Zeitraum zwischen der ventralen, thorakoskopischen Spondylodese und dem Ende des Krankenhausaufenthaltes ermittelt. Zudem wurde der Wiedereintritt der Arbeitsfähigkeit gemessen.

2.2 Operative Strategie

Ziel ist die Wiederherstellung der statischen, dynamischen und protektiven Funktion des Achsenskeletts. Dadurch wird der Patient möglichst soweit rehabilitiert, dass er wie vor dem Unfall allen gewohnten Tätigkeiten nachgehen kann.

Es handelt sich bei dem Patientenkollektiv der vorliegenden Studie um eine homogene Patientengruppe mit gleichem OP- Verfahren. Die Operationen wurden nur von einem Operateur (LOA Dr. med. A. Badke) durchgeführt. In dieser Studie wurden alle Patienten thorakoskopisch mittels MACS Instrumentation operiert. Hierbei handelt es sich um eine standardisierte und erprobte Operationsmethode. (Beisse 2000)

Die operative Stabilisierung des Patientenkollektivs erfolgte bei Frakturen gemäß der AO Klassifikation A3 und höher zunächst von dorsal mittels USS. Sekundär wurde die ventrale Säule versorgt. Bei isolierten A3.1 Verletzungen

mit einem primären Kyphosewinkel $< 20^\circ$ wurde eine isolierte ventrale Spondylodese durchgeführt. Hierbei wurde das MACS verwendet.



Abb. 4: USS System der Firma Synthes



Abb. 5: Macs TL System der Firma Aesculap

Bei der ventralen Spondylodese wird der Patient wie zum offenen Eingriff in Rechtsseitenlage gelagert. Das Allograft sollte 20 min in NaCl Lösung rehydratisiert werden. Aus dem Tibiakopf wird mittels einer Yamshidi

Stanzkanüle Knochenmark punktiert und anschließend das Allograft damit „beimpft“.

Der nach der Teilkorporektomie und Bandscheibenresektion verbleibende Defekt wird ausgemessen und mit dem angepassten, „vitalisierten“ Allograft aufgefüllt. Der Span sollte dabei um 1–2 mm höher bemessen sein, um ihn in „press-fit“ Technik interponieren zu können. Die Rekonstruktion wird durch die Montage eines winkelstabilen Titanplattensystems vervollständigt, um die stabile Einheilung des Spans zu sichern.

Die postoperative Röntgen- und CT-Kontrolle zeigte in allen Fällen eine regelrechte Span- und Implantatlage. Revisionsbedürftige Blutungen oder Infekte wurden nicht beobachtet.



Abb. 6: Gewinnung von Knochenmark aus Tibiakopf mittels Yamshidi Biopsiekanüle.



Abb 7: Beimpfung des Allograft mit Knochenmark.



Abb. 8: Fertig angepasster, „vitalisierter Allograft“.

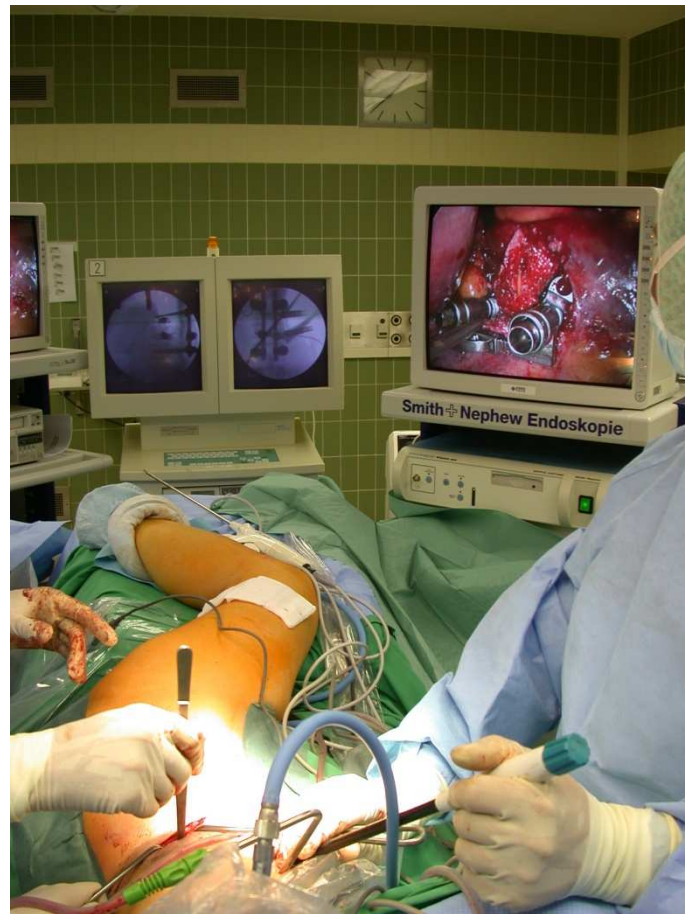


Abb 9: Einbringung des „vitalisierten Allograft“ in das ausgeräumte und debredierte Bandscheibenfach.



Abb. 10: Komplettierung der winkelstabilen Osteosynthese



Abb. 11: Abschließende Verriegelung des Plattenfixateurs (MACS)

2.2.1 Allograft

Bei dem in der Studie verwendeten Allograft handelt es sich um ein industriell konfektioniertes humanes Knochentransplantat der Tissue Bank France (TBF). Dieses Produkt ist ein in Deutschland nach Arzneimittelgesetz zugelassenes Knochenersatzmaterial. Die Knochentransplantate stammen aus Femurköpfen, die anlässlich von Hüfttotalendoprothesen - Implantationen gewonnen wurden. Dies hat den Vorteil, dass die aus lebenden Spendern entnommen Hüftköpfe nach einer Quarantänezeit aufgearbeitet werden können und so das Risiko einer Übertragung von Prionen (BSE, Kreuzfeld Jakob) minimiert werden kann. Die Spender werden, nach klinischen und biologischen Kriterien ausgewählt und vor der Spende gründlich klinisch untersucht und befragt. Vor der Entnahme werden die Spender auf HIV 1 + 2, Hepatitis B + C und Syphilis durch ein unabhängiges Labor geprüft.



Abb. 12: Greffon Phoenix der Firma TBF

Die unmittelbar nach der Entnahme tiefgefrorenen Transplantate werden nach einer ersten mechanischen Hochdruckreinigung von Gewebs- und Zellbestandteilen befreit und anschließend dekortiziert, chemisch behandelt und in der sterilen Verpackung noch einmal strahlensterilisiert um so eine Übertragung von Krankheitserregern zu unterbinden.

Die lyophilisierten Transplantate können bei Raumtemperatur in der sterilen Packung bis zu 5 Jahre aufbewahrt werden. Vor der chirurgischen Implantation müssen die Transplantate 25 bis 35 Minuten in 0,9%iger NaCl oder besser in Ringerlactatlösung rehydratisiert werden. Anschließend sind sie gebrauchsfertig.

2.3 Durchführung der Datenerhebung

In der vorliegenden Studie wurde das klinische Outcome, also die Zufriedenheit des Patienten und seine Einsatzfähigkeit im Alltag und das radiologische Outcome dokumentiert und mit den im Rahmen der regulären Nachsorge entstandenen CT Aufnahmen verglichen.

Zum Behandlungsalgorithmus in der BGU Tübingen gehören nach ventralen Spondylodesen regelmäßige CT Kontrollen des versorgten Abschnitts, um die Belastbarkeit der Wirbelsäule zu dokumentieren. Diese werden zu den Zeitpunkten 3, 6, 12 Monate post OP durchgeführt.

Desweiteren erfolgte die klinische Nachuntersuchung zum Zeitpunkt 6 Monate. Zwei Patienten konnten aus privaten Gründen nicht an der Nachuntersuchung teilnehmen. Jedoch konnte bei diesen Patienten der Verlauf im CT komplett erfasst werden.

Die genaue Abfolge der Datenerfassung wird nun im Einzelnen dargestellt:

2.3.1 Erste Nachuntersuchung

Die erste Nachuntersuchung fand zum Zeitpunkt 6 Monate nach der Operation statt und erfolgte durch den Verfasser in der Ambulanz der BGU Tübingen. Hier wurden folgende Daten erhoben:

- **Oswestry Score**
- **SF - 36**
- **klinische Untersuchung**

2.3.2 Zweite Nachuntersuchung

12 Monate nach der Operation bzw. 6 Monate nach der ersten Nachuntersuchung wurde eine weitere Datenerhebung durchgeführt. Hier wurden die Fragebögen des Oswestry Score und SF - 36 den Patienten per Post zugestellt.

- **Oswestry Score**
- **SF – 36**

	3 Monate	6 Monate	12 Monate
CT	X	X	X
Oswestry Score		X	X
SF – 36		X	X
klinische Nachuntersuchung		X	

Abb. 13: Zeitpunkte der erfassten Daten

Die einzelnen Methoden werden nun im Folgenden vorgestellt:

2.4 Scores

Bei den hier verwendeten Scores handelt es sich um klinisch erprobte und validierte Fragebögen, zur objektiven und standardisierten Erfassung verschiedener den Alltag des Patienten beeinflussender Parameter. Diese werden im Folgenden vorgestellt.

2.4.1 Oswestry Score

Fairbank et al. entwickelten den Oswestry Low Back Pain Disability Questionnaire, auch vereinfacht als Oswestry-Score (OWS) bezeichnet. (Fairbank 1980) Dieses einfache, leicht anwendbare Scoringssystem zur Erfassung von Rückenschmerzen ist international anerkannt. Schon Little kam in seiner Untersuchung zu dem Schluss, dass der Oswestry-Score ein guter „Marker“ ist, um das subjektive Outcome der Patienten zu untersuchen (Little 1994). Hier war besonders interessant, dass es für den Patienten beim Ausfüllen des Oswestry-Score - Bogens nicht ersichtlich war, was gemessen wird und welche Werte für ihn herauskommen würden. Die Validität und Reliabilität des Fragebogens, sowie die Korrelation mit der Zufriedenheit der Patienten wurde in verschiedenen Studien nachgewiesen (Little 1994, Airaksinen 1997, Frost 1998, Pratt 2002). Der ursprünglich in Englisch vorliegende OWS wurde vom Verfasser ins Deutsche übersetzt (siehe Anhang 6.1.2).

Der OWS ist in zehn Abschnitte gegliedert und beurteilt durch Rückenschmerzen bedingte Einschränkungen verschiedener Aktivitäten des täglichen Lebens. Der Patient kreuzt von sechs Stellungnahmen diejenige in jedem Abschnitt an, die seine Einschränkungen am genauesten umschreibt. Jeder Abschnitt wird auf einer Skala von null bis fünf bewertet. Fünf gibt die schwerste Einschränkung wieder. Die Bewertungen für alle Abschnitte werden addiert und ergeben eine mögliche Gesamtpunktzahl von 50.

Aus den erreichten Punktwerten leiteten Fairbank et al. die subjektive Einschätzung des Patienten über seine Rückenschmerzen ab. Die Berechnung des Ergebnisses erfolgte folgendermaßen:

$$\text{Ergebnis} = \text{Gesamtpunktzahl} / \text{Mögliche Punktzahl (50)} \times 100 \%$$

Zur Interpretation der Behinderung wird eine 5 - stufige Bewertung benutzt, die den Grad der Behinderung widerspiegeln:

1 =	0 – 19%: minimale Behinderung
2 =	20 – 39%: mäßige Behinderung
3 =	40 – 59%: schwere Behinderung
4 =	60 – 79%: immobil
5 =	80 – 100%: bettlägerig

Abb. 14: Bewertung der Behinderung beim OWS

Die Tabelle verdeutlicht, dass bei diesem Test ein niedriger Wert für ein gutes Ergebnis steht. Die Beantwortung der Fragen ermöglicht die Evaluierung, wie gut der Patient mit seiner Behandlung, Heilung und Rehabilitation vorangeschritten ist.

2.4.2 SF - 36 Score

Der Short Form – 36 Health Survey (SF – 36) ist ein international anerkanntes Instrument, um den subjektiven Gesundheitszustand des Patienten zu messen. Aufgrund der fundierten Entwicklung (1985 - 1992) und der in den USA dokumentierten methodischen Güte des SF - 36 ist dieser Fragebogen ein validiertes, ökonomisches, krankheitsübergreifendes Messinstrument zur Erfassung der gesundheitsbezogenen Lebensqualität.

Bei der Entwicklung dieses international anerkannten Fragebogens wurden die meisten Fragen aus Fragebögen entnommen, die bereits 2 Jahrzehnte in

Gebrauch waren. Zunächst entwickelte die International Quality of Life Assessment Group (IQOLA) ein Studienprotokoll, welches Festlegungen zur Übersetzung, psychometrischen Prüfung und Normierung des SF - 36 enthält. Der Übersetzungsprozess umfasste zwei Vor- und zwei Rückwärtsübersetzungen, wobei die voneinander unabhängigen Übersetzer sich trafen, um eine gemeinsame Übertragung in die Zielsprache und Rückübersetzung anzufertigen. Zwei weitere Gutachter bewerteten die Qualität dieser Übersetzungen explizit hinsichtlich Äquivalenz, Umgangssprache und Klarheit. Darüber hinaus wurde die Rückübersetzung in die Ursprungssprache mit dem Original von den Entwicklern der Skalen Frage für Frage auf den internationalen Projekttreffen diskutiert. So entstand auch der Wortlaut der hier vorliegenden deutschen Version (IQOLA- SF-36 German Version 1992). Inzwischen liegen Übersetzungen in 10 Sprachen vor.

Die gesundheitsbezogene Lebensqualität oder subjektiv Gesundheit ist erst in den vergangenen Jahren als Evaluationsparameter in der Bewertung von Behandlungsmaßnahmen anerkannt worden. (Nadjman 1981)

Von großer Bedeutung ist, dass die Patienten selbst Auskunft über ihr Befinden und ihre Funktionsfähigkeit geben. Neuere Perspektiven der Lebensqualitätsforschung in der Medizin betreffen auch die Nutzung von Lebensqualitätsindikatoren nicht nur zu Bewertung von Therapien, sondern auch zu ihrer Planung, das heißt als deskriptives beziehungsweise Indikationskriterium.

Der SF – 36 Health Survey besteht aus einem Fragebogen mit 36 Items, die mehreren Themenbereichen zugeordnet sind (siehe Anhang 6.1.3). Jedes Item thematisiert entweder selbst eine Skala beziehungsweise ist Teil einer Skala. Die Aufgabe der Patienten besteht darin, für jedes der Items die Antwortalternative anzukreuzen, die ihrem Erleben am nächsten kommt. Die Antwortkategorien beim SF – 36 variieren, es gibt Fragen die einfach binär „ja – nein“ zu beantworten sind bis hin zu sechsstufigen Antwortskalen.

Der Aufbau der SF – 36 ist insofern konsistent, als dass die Items jedes thematischen Bereiches auch inhaltlich auftreten. Bei diesem Test werden acht Dimensionen der subjektiven Gesundheit erfasst. Gemessen werden Angaben zu:

- körperlicher Funktion
- körperlicher Rollenerfüllung
- emotionaler Rollenerfüllung
- sozialer Funktion
- Schmerz
- psychisches Wohlbefinden
- Vitalität
- allgemeine Gesundheitswahrnehmung

Die Auswertung erfolgt über die Addition der angekreuzten Itembeantwortungen pro Skala, wobei für einige Skalen spezielle Gewichtungen einbezogen werden. Die erhaltenen Werte pro SF – 36 Subskala beziehungsweise Summenskala stellen eine Quantifizierung der subjektiven Gesundheit aus Sicht des Befragten dar, wobei hohe Werte ein gutes Resultat bedeuten. Durch die Transformation in Zahlenwerte kann eine zeitabhängige Änderung der Lebensqualität erfasst werden. Außerdem ist anhand der vorliegenden Literatur ein Vergleich mit anderen Patientengruppen ebenso möglich, wie ein Vergleich mit der jeweils altersentsprechenden Referenzpopulation. (Bullinger 1998) Durch seine hohe Praktikabilität (Ausfüllzeit < 15 min) und Akzeptanz eignet sich der Fragebogen als Verfahren zur Erfassung patientennaher Informationen bei Wirbelsäulennachuntersuchungen.

2.5 Klinische Nachuntersuchung

Die klinische Nachuntersuchung erfolgte nach der Neutral – 0 – Methode zur 6 Monatskontrolle nach durchgeführter Operation. Im Anschluss sind die verwendeten Parameter beschrieben.

2.5.1 BWS / LWS

- Seitneigen rechts / links
- Drehen im Sitzen rechts / links
- Liegen / Jugulumabstand (cm)
- Aktive Aufrichtung aus Rückenlage mit Messstrecke: Untersuchungs-liege – Dornfortsatz C7
- Fingerbodenabstand (cm)
- Messmethode nach Ott: Messstrecke Dornfortsatz C7 – 30 cm caudal
- Messmethode nach Schober: Dornfortsatz S1 – 10 cm cranial
- Messstrecke Dornfortsatz L1 – 10 cm caudal

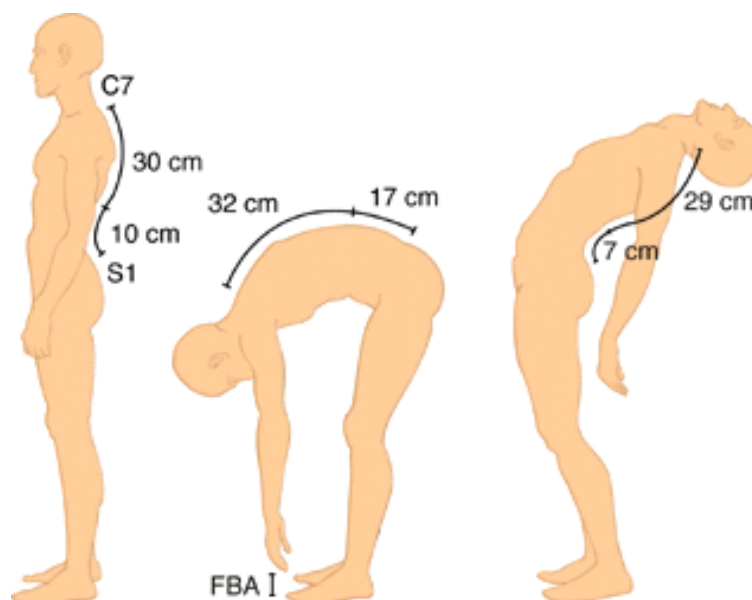


Abb. 15: Untersuchungsmethoden der Brust und Lendenwirbelsäule

2.6 Radiologische Auswertung

Neben der klinischen Nachuntersuchung und der Befragung der Patienten mittels OWS und SF - 36 wurden als weiteres Kriterium die CT Aufnahmen beurteilt.

Die CT Untersuchung wurde mittels Spiral-CT (Somatom Plus S, Fa. Siemens, Forchheim) durchgeführt. Die Kollimation und der Pitch betragen 2,0 mm. Bei allen Untersuchungen wurden sowohl sagittale als auch koronare Rekonstruktionen mit 2 mm Schichtdicke berechnet. Die koronaren Rekonstruktionen wurden hierbei so gewählt, dass die Rekonstruktionsebene parallel zur sagittalen Spalebene eingestellt war, um eine exakte Darstellung der Anschlussflächen zu ermöglichen.

Als Kriterium für die zu messenden Abstände wurden jeweils die Schnittebenen zur Messung herangezogen, in denen der Span die größte Höhe und Breite aufwies. Um die Ausmaße des Spans für die Volumenberechnung zu quantifizieren, wurde zudem beurteilt, in wie vielen Schichten der Span eindeutig zu sehen war.

Das mittlere Volumen aus den unmittelbar nach erfolgter OP durchgeführten CT Kontrollen wurde als Referenzvolumen genommen und zu den darauf folgenden Messungen in Verhältnis gesetzt, um die Veränderung der Volumina zu dokumentieren.

Bei der radiologischen Auswertung wurden die CT Bilder unmittelbar nach erfolgreicher Operation gemacht und in der Sagittal- und Coronarebene unter folgenden Gesichtspunkten untersucht:

- Kontaktfläche des Allograftblockes mit kranialem / kaudalem Wirbelkörper (cm) und daraus resultierender Fläche.

- Debridement des kranialen / kaudalen Wirbelkörpers (cm) und daraus resultierender Fläche.

Zu den Zeitpunkten Post OP, 3 Monate Post OP, 6 Monate Post OP und 12 Monate Post OP wurden die CT Bilder in der Coronarebene unter folgenden Gesichtspunkten untersucht:

- Höhe, Breite und Länge des Allograftblockes und daraus resultierendes Volumen in (cm³)

3 Ergebnisse

3.1 Kollektiv

3.1.1 Geschlecht und Alter

Im folgenden Diagramm ist das Geschlechterverhältnis zum Zeitpunkt der Operation dargestellt:

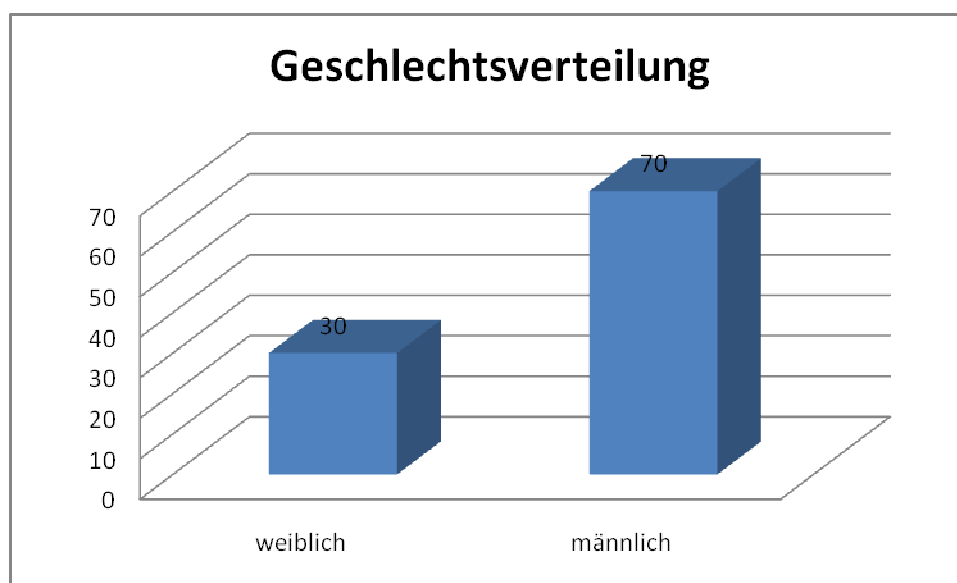


Abb. 16: Geschlechtsverteilung

In der absoluten Verteilung liegt der Anteil der Frauen ($n = 6$) bei 30% und derjenige der Männer ($n = 14$) bei 70%.

Im folgenden Diagramm wird die Altersverteilung zum Zeitpunkt der Operation dargestellt:

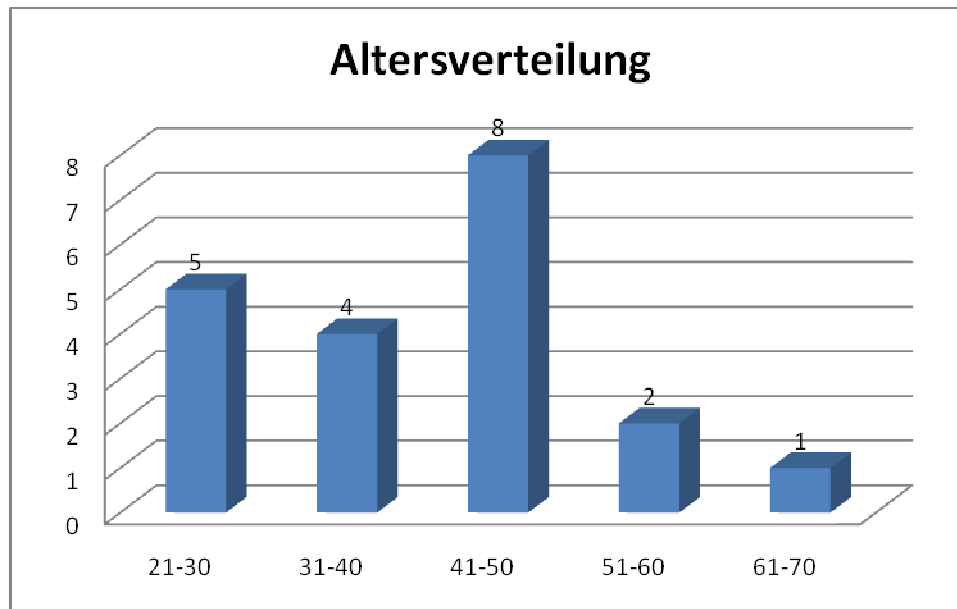


Abb. 17: Altersverteilung

In der Altersverteilung ergab sich zum Zeitpunkt der Operation, ein Durchschnittsalter bei den männlichen und weiblichen Patienten von exakt 40 Jahren.

Das Durchschnittsalter der weiblichen Patienten ergab 42,3 Jahre, das der männlichen exakt 39 Jahre. Der jüngste Patient war 24 Jahre, der älteste 65 Jahre. Der Median lag bei 42 Jahren.

3.1.2 Unfallursache

Im folgenden Diagramm wird die Unfallursache dargestellt:

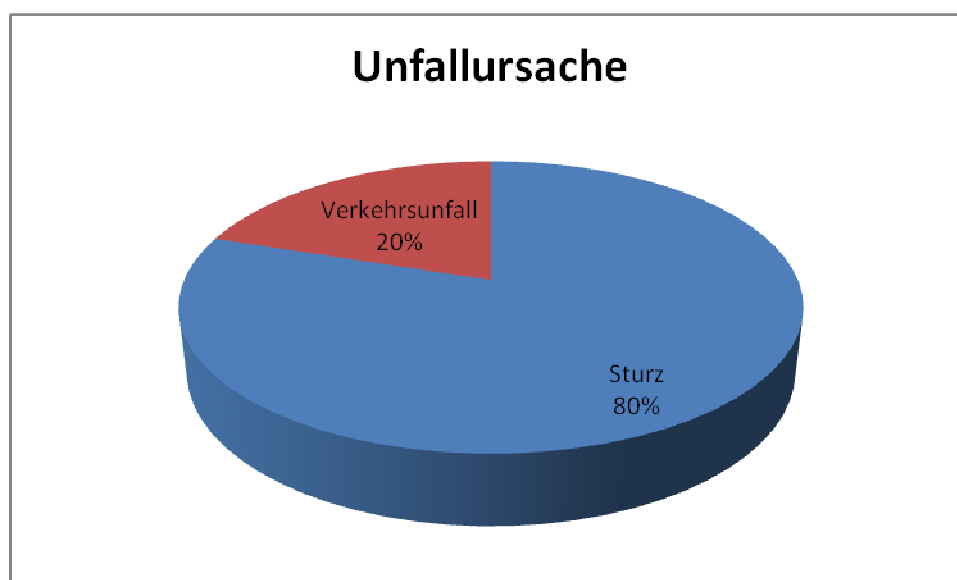


Abb. 18: Unfallursache

Die weitere Aufschlüsselung der Unfallursachen ergab:

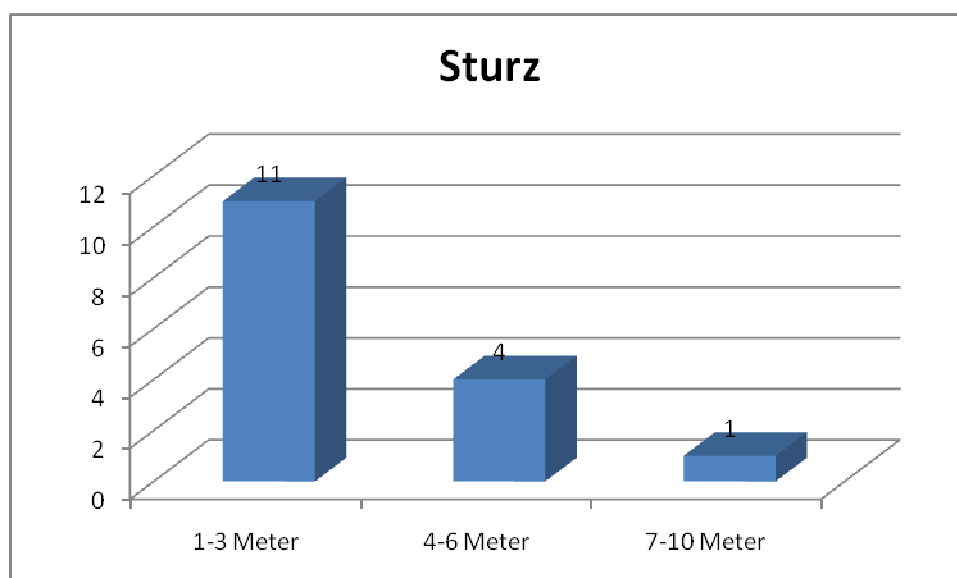


Abb. 19: Sturz

Die häufigste Unfallursache war der Sturz aus der Höhe. Insgesamt 80 % (n = 16) der Patienten hatten diesen Unfallmechanismus. 55 % (n = 11) stürzten aus einer Höhe von 1 bis 3 Metern, 20 % (n = 4) aus einer Höhe zwischen 4 – 6 Metern und 5 % (n = 1) aus einer Höhe von 7 – 10 Metern. Schlüsselt man die Unfallursache Sturz nach Geschlechtern auf, so ergibt sich, dass bei einer Sturzhöhe von 1 – 3 Metern 35 % (n = 7) männlich und 20 % (n = 4) weiblichen Geschlechts waren. Ein männlicher Patient erfuhr eine Paraplegie. Bei einer Sturzhöhe zwischen 4 – 6 Metern waren 15 % männlich (n = 3) und 5 % (n = 1) weiblich. Bei einer Sturzhöhe von 7 – 10 Metern waren 0 % männlich und 5 % (n = 1) weiblichen Geschlechts.

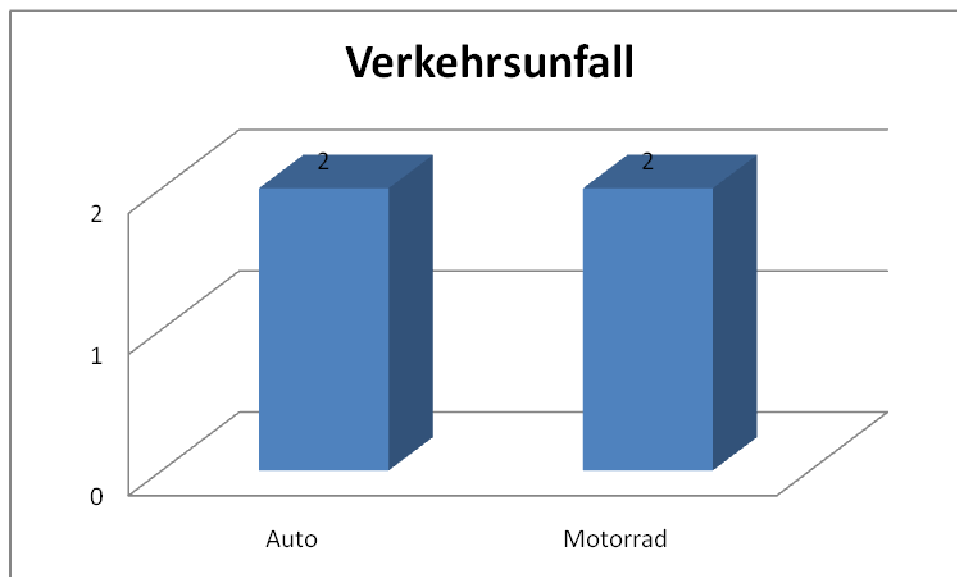


Abb. 20: Verkehrsunfall

20 % (n = 4) der Patienten hatten einen Verkehrsunfall als Unfallursache, wobei jeweils 10 % (n = 2) auf einen Motorrad- bzw. Autounfall zurückzuführen waren. Unter den durch Verkehrsunfall verletzten Patienten waren keine Frauen. Ein Patient erlitt durch den Unfall mit seinem Auto eine Paraplegie.

3.1.3 Frakturlokalisationen

Die in der Studie untersuchten monosegmentalen Wirbelkörperfrakturen waren nach Geschlecht und Anzahl wie folgt verteilt:

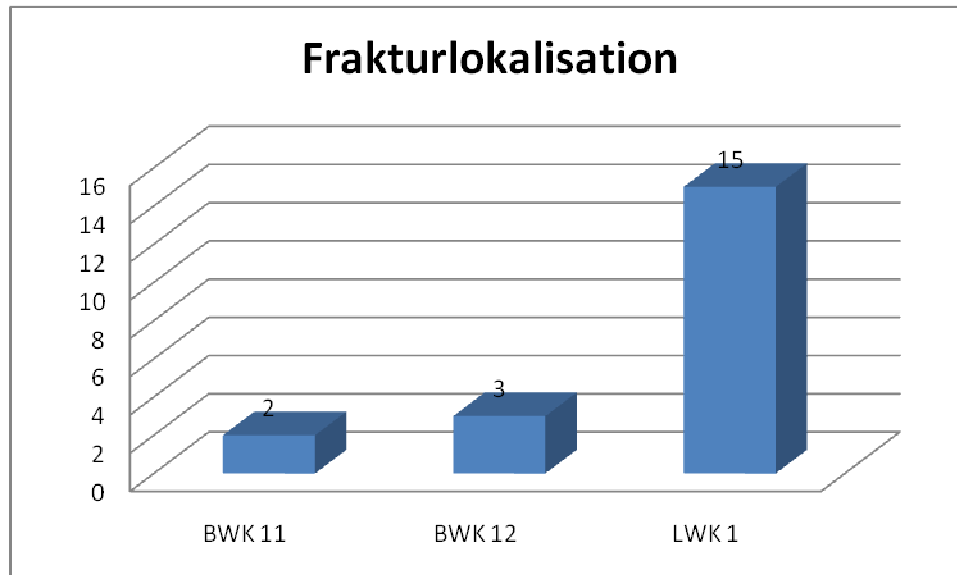


Abb. 21: Frakturlokalisation

Die häufigste Lokalisation war bei beiden Geschlechtern der thorakolumbale Übergang (Th 12 – L1) mit 75 % der betroffenen Patienten. 15 % hatten Frakturen auf Höhe des Segmentes Th 11 – Th 12, und 10 % auf Höhe Th 10 – Th 11 erlitten.

3.1.4 Häufigkeit Frakturtypen

In der folgenden Tabelle ist die Häufigkeit der verschiedenen Frakturtypen für den am schwersten verletzten Wirbelkörper in der Klassifikation nach Magerl (Magerl 1994) aufgetragen:

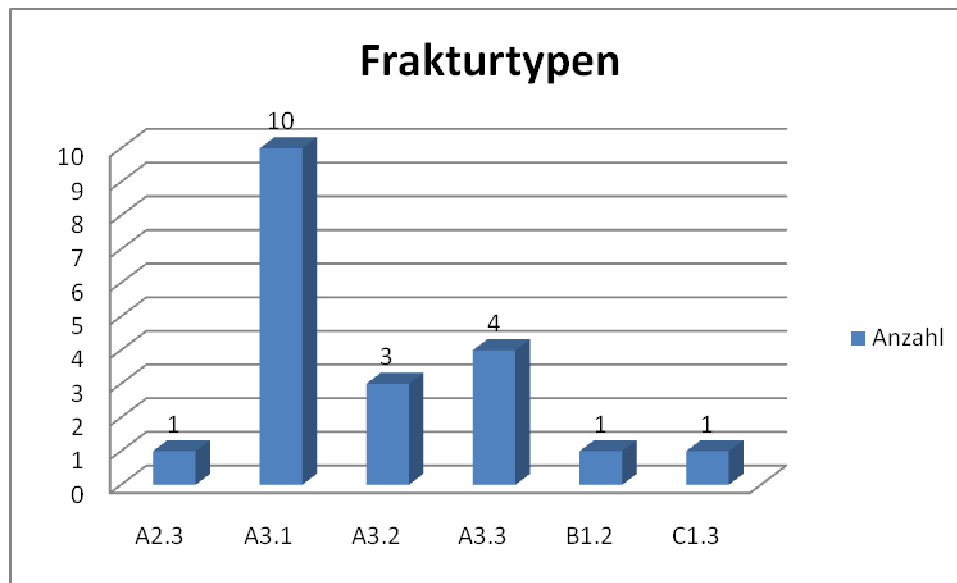


Abb. 22: Frakturtypen

Am häufigsten unter den Frakturtypen waren Berstungsfrakturen mit insgesamt 90%.

Darunter waren dies im einzelnen jeweils eine Kneifzangenfraktur (A2.3), eine Flexionsdistraktion mit Wirbelkörperkompression (B1.2) und eine Rotations - Berstungsfraktur (C1.3). Desweiteren wurden 10 inkomplette Berstungsbrüche (A3.1), 3 Berstungsspaltbrüche (A3.2) und 4 komplette Berstungsbrüche (A3.3) ermittelt.

3.1.5 Behandlung / Rehabilitation

Im Folgenden werden die durchschnittlichen Zeiträume vom Tag der Verletzung bis zur chirurgischen Intervention, sowie von chirurgischer Intervention bis zum Tag der Entlassung dargestellt. Da die Ergebnisse hierbei vom Verletzungsgrad und damit verbundenen operativen Vorgehen abhängig sind, wurde aufgeschlüsselt, ob einzeitig (isoliert ventrale Spondylodese) oder zweizeitig (dorso – ventrale Spondylodese) operiert wurde.

Jenen Patienten (n = 8), bei denen ein isoliert ventrales Vorgehen möglich war, wurde im Durchschnitt 5 Tage nach dem Unfallereignis von ventral ein Allograft interponiert.

Bei zweizeitigem Vorgehen (n = 9) wurde im Durchschnitt nach 7 Tagen zunächst die dorsale Stabilisierung mit USS durchgeführt. Die ventrale Versorgung erfolgte dann in einem zweiten Schritt durchschnittlich 7 Tagen nach der dorsalen Stabilisierung. 3 Patienten wurden erst sehr spät von ventral operiert. Darunter waren zwei Patienten, welche sich eine verletzungsbedingte Paraplegie zugezogen hatten und aufgrund des schweren Verletzungsmusters zunächst intensivmedizinisch und später aufwendig frührehabilitativ versorgt werden mussten. Bei diesen Patienten wurde die ventrale thorakoskopische Stabilisierung nach 7 bzw. 8 Monaten durchgeführt. Der dritte Patient war primär in einem anderen Krankenhaus von dorsal stabilisiert worden und musste nach über 8 Monaten aufgrund einer Nachkyphosierung auch von ventral operiert werden.

Nach erfolgter Operation, wurden die isoliert von ventral operierten Patienten nach durchschnittlich 15 Tagen entlassen. Die zweizeitig operierten Patienten wurden nach durchschnittlich 37 Tagen entlassen, wobei die beiden paraplegischen Patienten nach 4 bzw. 5 Monaten entlassen wurden.

Ebenfalls wurde der Zeitraum vom Operationstag der Spondylodese bis zum Wiedereintritt der Arbeitsfähigkeit gemessen. 80% (n=16) der Patienten waren nach der Operation wieder arbeitsfähig, 4 Patienten konnten aufgrund der Schwere ihrer Verletzung keinen Beruf mehr ausüben, darunter ein Patient, der zum Unfallzeitpunkt bereits berentet war. Von diesen 16 Patienten konnten 18,75% (n=3) in ihrem zuvor ausgeübten Beruf nicht mehr tätig sein und ergriffen Umschulungsmaßnahmen, 81,25% (n=13) kehrten in ihren alten Beruf zurück. Sie kehrten im Durchschnitt nach 115 Tagen an ihren alten Arbeitsplatz zurück, bei einer Spanne von 75 bis 270 Tagen. Mittelwert und Median stimmen gut überein, der Median beträgt 112 Tage. 3 kehrten nicht wieder in ihren ausgeübten Beruf zurück und hatten zum Untersuchungszeitpunkt ein Rentengutachten beantragt. Ein Patient war bereits vor der Operation berentet worden.

3.2 Erste Nachuntersuchung

Die erste Nachuntersuchung fand 6 Monate post OP statt. Zur Ermittlung des Medianes wurde im folgenden, aufgrund der geraden Anzahl der Items, der Obermedian in die Wertung mit einbezogen.

3.2.1 Oswestry Score

Der Oswestry Score (OWS), beschreibt das subjektive Schmerzempfinden der Patienten.

In der folgenden Tabelle wird die Gesamtpunktzahl aller Patienten pro Item zum Erhebungszeitpunkt 6 Monate dargestellt:

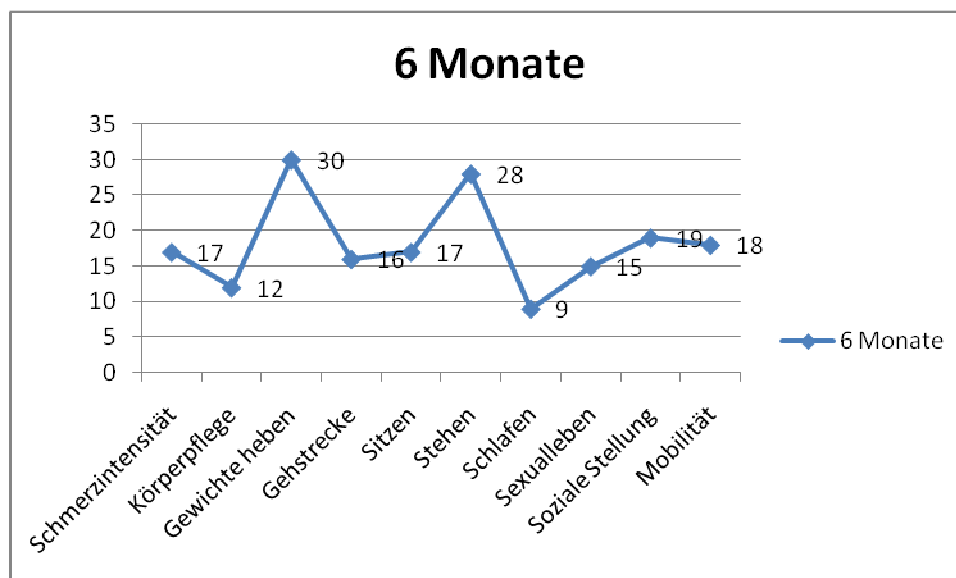


Abb. 23: OWS 6 Monate

Für den OWS zum Zeitpunkt 6 Monate post OP liegt die durchschnittlich erreichte Punktzahl bei gerundeten 18 Punkten bei einer Spanne von neun bis 30 Punkten. Mittelwert und Median stimmen gut überein, der Median beträgt 17,5.

Dies entspricht einer durchschnittlichen subjektiven Einschätzung des Rückenschmerzes der Patienten von 35 %.

3.2.2 SF - 36

Mit dem SF - 36 wird die gesundheitsbezogene Lebensqualität oder subjektive Gesundheit des Patienten erfasst.

In der folgenden Tabelle ist der Summenskalenwert des SF - 36 zum Befragungszeitraum von 6 Monaten dargestellt:

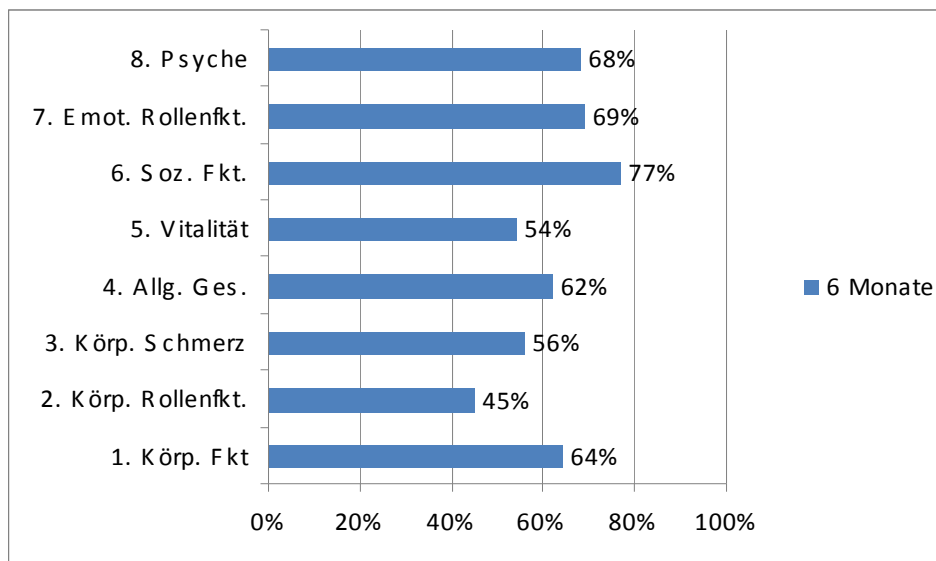


Abb. 24: SF – 36 Zeitpunkt 6 Monate

Für den SF - 36 zum Zeitpunkt 6 Monate post OP liegt die durchschnittlich erreichte Prozentzahl bei 62% bei einer Spanne von 45 bis 77 Prozent.

Mittelwert und Median stimmen gut überein, der Median beträgt 63%.

3.2.3 Klinische Nachuntersuchung

In den folgenden Tabellen wird das Ausmaß der wiedergewonnenen Beweglichkeit zum Nachuntersuchungszeitpunkt 6 Monate postoperativ der einzelnen untersuchten Wirbelsäulenabschnitte dargestellt:

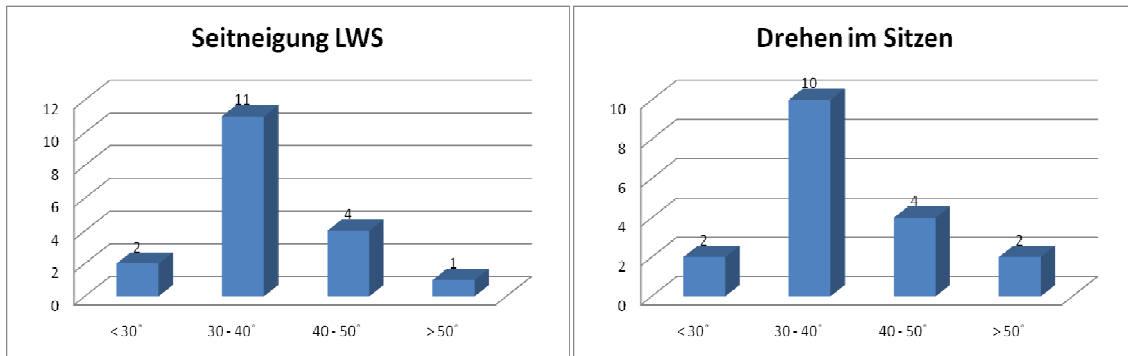


Abb. 25 + 26: Klinische Untersuchung Seitneigung LWS und Drehen im Sitzen

Betrachtet man die Seitneigung nach rechts, so konnte nur ein Patient nicht mehr als 30 Grad beugen, 12 konnten zwischen 30 – 40 Grad beugen, 4 konnten zwischen 40 – 50 Grad beugen und ein Patient über 50 Grad.

Bei der Seitneigung nach links konnten 2 Patienten nicht mehr als 30 Grad beugen, 11 konnten zwischen 30 – 40 Grad beugen, 4 konnten zwischen 40 – 50 Grad beugen und ein Patient über 50 Grad.

Betrachtet man das Drehen im Sitzen nach rechts, so konnten 2 Patienten nicht mehr als 30 Grad rotieren, 10 konnten zwischen 30 – 40 Grad rotieren, 4 konnten zwischen 40 – 50 Grad rotieren und 2 Patienten über 50 Grad.

Betrachtet man das Drehen im Sitzen nach links, so konnten 2 Patienten nicht mehr als 30 Grad rotieren, 10 konnten zwischen 30 – 40 Grad rotieren, 5 konnten zwischen 40 – 50 Grad rotieren und 1 Patient über 50 Grad.

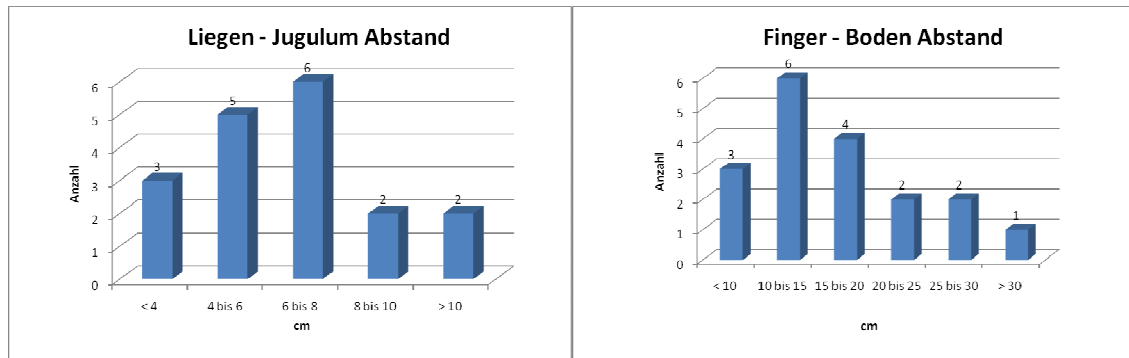


Abb. 27 + 28: Klinische Untersuchung LGA und FBA

Beim Liegen – Jugulum - Abstand (LGA) wurde die Strecke vom Jugulum des Patienten zur Oberfläche der Untersuchungsfläche gemessen. 3 Patienten erreichten nicht mehr als 4 cm Abstand, 5 erreichten 4 – 6 cm, 6 konnten zwischen 6 – 8 cm, 2 Patienten 8 – 10 cm und 2 über 10 cm Abstand zur Liege erreichen.

Beim Finger – Boden - Abstand (FBA) wurde die Strecke von den Fingerspitzen des Patienten zur Oberfläche des Bodens, bei beidseits voll durchgestreckten Knien gemessen. 3 Patienten erreichten einen Abstand zum Boden von kleiner oder gleich 10 cm und somit eine normale Beweglichkeit. 6 erreichten 10 – 15 cm, 4 konnten zwischen 15 – 20 cm, 2 Patienten 20 – 25 cm und ein Patient konnte nur 30 cm Abstand zum Boden erreichen.

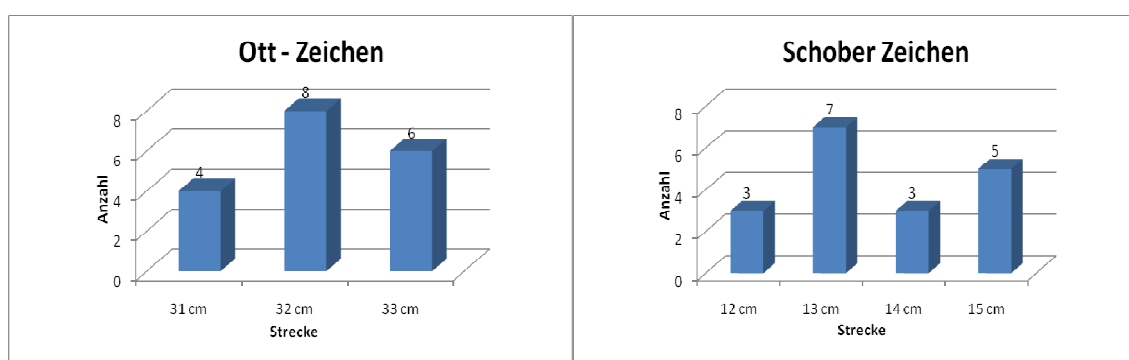


Abb. 29 + 30: Klinische Untersuchung Ott – und Schober - Zeichen

Beim Ott - Zeichen wurde eine Markierung 30 cm distal des Dornfortsatzes C7 gemacht und die Längenveränderungen bei maximaler Vorneigung gemessen.

4 Patienten erreichten eine Längenveränderung von nicht mehr als 1 cm, 8 erreichten 2 cm und 6 konnten eine Längenveränderung von 3 cm erreichen.

Beim Schober - Zeichen wurde ein Punkt 10 cm kranial von S1 markiert, anschließend erfolgt die Messung der Längendifferenzen bei max. Flexion.

3 Patienten erreichten eine Längenveränderung von nicht mehr als 2 cm, 7 erreichten 3, 3 von 4cm und 5 konnten eine Längenveränderung von 5 cm erreichen.

3.3 Zweite Nachuntersuchung

Die zweite Nachuntersuchung fand 12 Monate post OP statt.

3.3.1 Oswestry Score

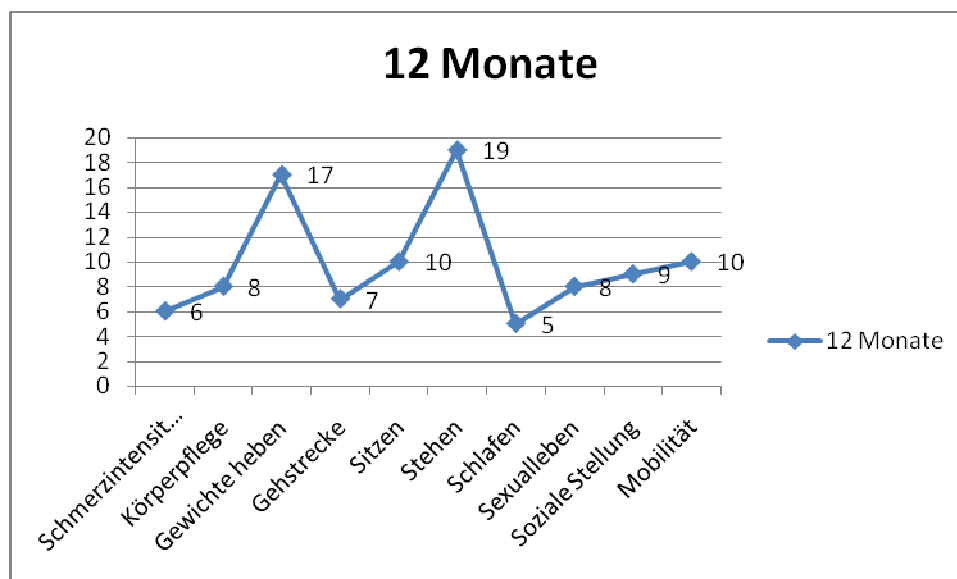


Abb. 31: OWS 12 Monate

Für den OWS zum Zeitpunkt 12 Monate post OP liegt die durchschnittlich erreichte Punktzahl bei 9,9 Punkten bei einer Spanne von fünf bis 19 Punkten.

Mittelwert und Median stimmen gut überein, der Median beträgt 9,5.

Dies entspricht einer durchschnittlichen subjektiven Einschätzung des Rückenschmerzes der Patienten von 19 %.

3.3.2 SF - 36

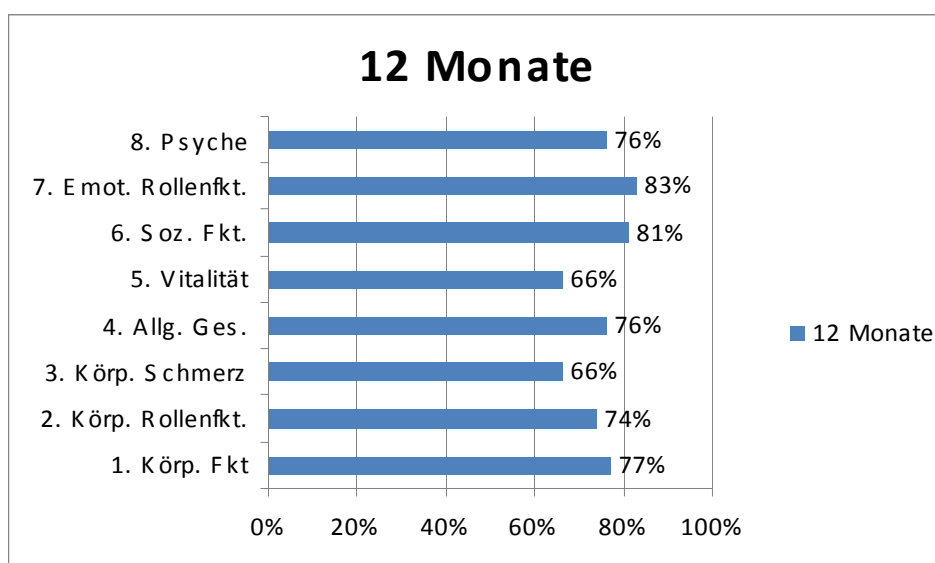


Abb. 32: SF – 36 Zeitpunkt 12 Monate

Für den SF - 36 zum Zeitpunkt 12 Monate post OP liegt die durchschnittlich erreichte Prozentzahl bei 72% bei einer Spanne von 57 bis 83 Prozent. Mittelwert und Median stimmen gut überein, der Median beträgt 76%.

3.4 Zeitlicher Verlauf

Im Folgenden werden die 6 und 12 Monate Ergebnisse von Oswestry Score und SF - 36 verglichen:

3.4.1 Oswestry Score

In der folgenden Tabelle wird die Gesamtpunktezahl aller Patienten pro Item zu den Erhebungszeitpunkten 6 und 12 Monaten dargestellt:

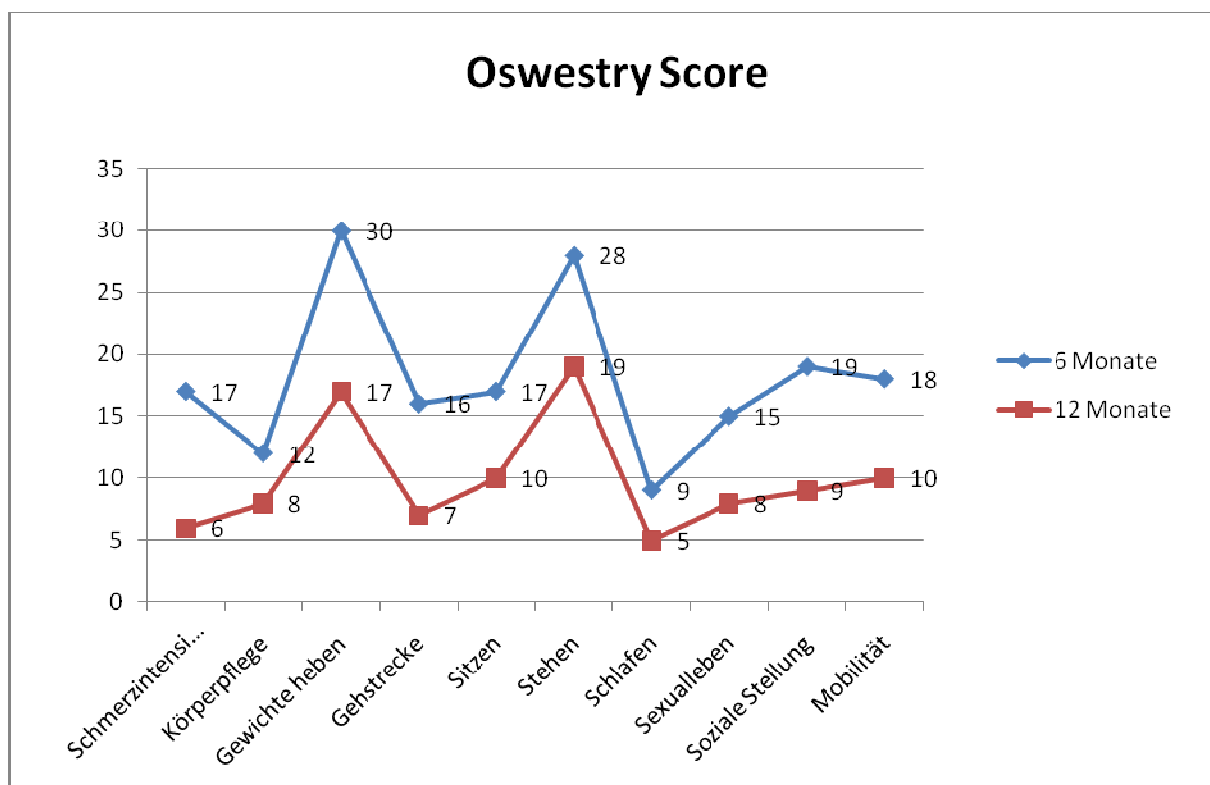


Abb. 33: OWS im zeitlichen Verlauf

Dies entspricht einer durchschnittlichen subjektiven Einschätzung des Rückenschmerzes der Patienten von 35 % zum Zeitpunkt 6 Monate und 19 % zum Zeitpunkt 12 Monate nach der OP. Dies entspricht, laut der oben genannten 5 - stufigen Einteilung, einer mäßigen Behinderung (Grad 2) 6 Monate nach der OP, wohingegen zum Zeitpunkt 12 Monate nach der OP nur noch von einer minimalen Behinderung (Grad 1) gesprochen werden kann.

Aufgrund dieser Ergebnisse resultiert, dass die meisten Patienten dieser Studie im Alltag Probleme beim Heben von Gewichten haben. Das Heben von schweren Gewichten erzeugt zusätzliche Schmerzen, oder sie halten die Patienten von Bewegungen ab, bei denen schwerere Gegenstände vom Boden aufgehoben werden müssen.

Auch fühlen sich die Patienten durch längeres Stehen aufgrund zusätzlicher Schmerzen beeinträchtigt. Die meisten Patienten berichten demnach, dass ihr soziales Leben, abgesehen von sportlichen Tätigkeiten wie zum Beispiel Tanzen, keine wesentlichen Einschränkungen erfährt.

3.4.2 SF 36 Score

In der folgenden Tabelle ist der Summenskalenwert des SF 36 zum Befragungszeitraum von 6 und 12 Monaten dargestellt und in Beziehung zur deutschen Normstichprobe gesetzt:

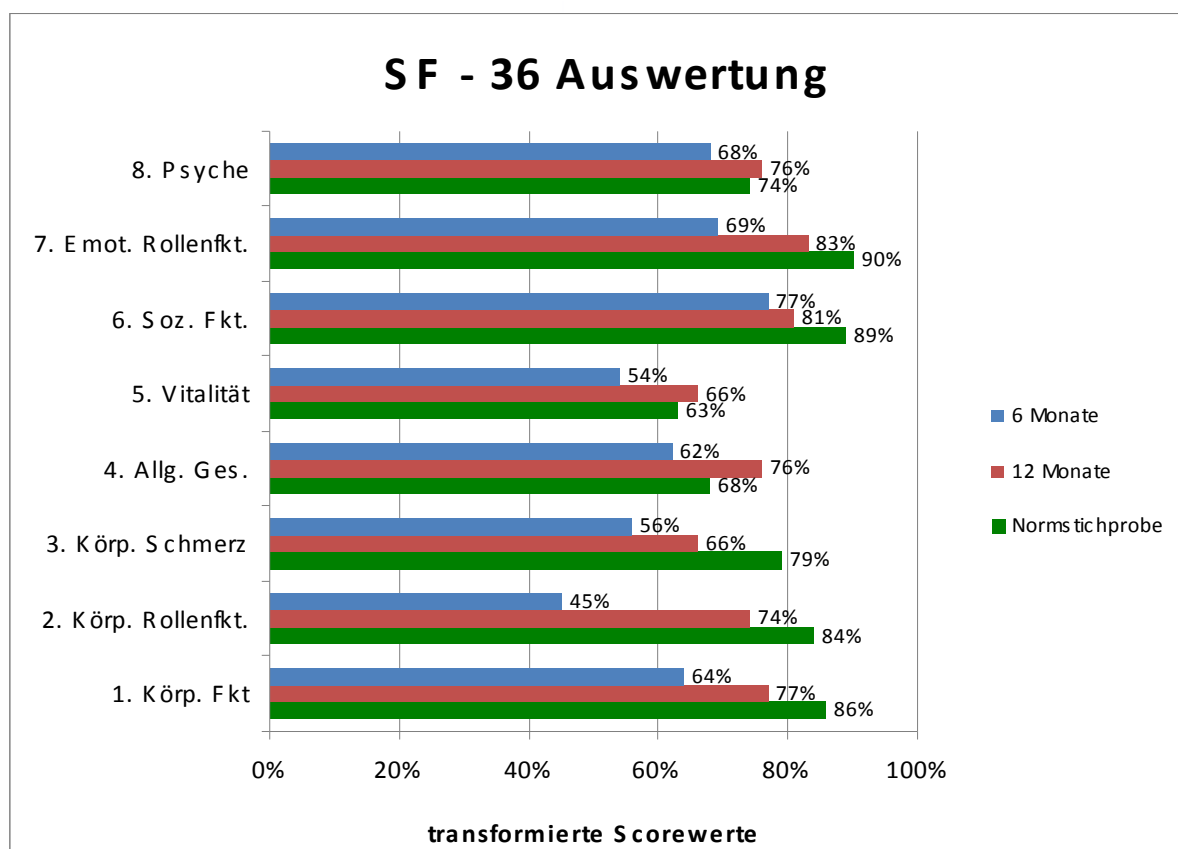


Abb. 34: SF – 36 im zeitlichen Verlauf

Es zeigt sich, dass sich die Körperfunktion innerhalb von 6 Monaten um 13 % besserte. Die körperliche Rollenfunktion hingegen besserte sich in diesem Zeitraum um 29 %. Es kam zudem zu einer Schmerzreduktion von durchschnittlich 10 %.

Das allgemeine Gesundheitsgefühl besserte sich um 14 %, die Vitalität stieg um 12 %. Die soziale Funktionsfähigkeit erhöhte sich im Beobachtungszeitraum um 4 %, die emotionale Rollenfunktion um 24 %.

Die psychische Einschränkung fiel um 8 %, die erlebte Veränderung zum Zustand vor der Operation hatte sich im Beobachtungszeitraum um 10 % verbessert. Das allgemeine Gesundheitsgefühl stieg um 7 %.

Um diese Daten besser interpretieren zu können, ist es sinnvoll unsere Daten mit der deutschen Normstichprobe (n=2773) zu vergleichen. (Bullinger 1998) Hierbei zeigt sich, dass bei den meisten Items Einschränkungen im täglichen Leben vorhanden sind. Bei der deutschen Normstichprobe handelt es sich um eine gesunde Population.

In der folgenden Tabelle sind die Ergebnisse des körperlichen Summenskalenwertes (KSW) und des psychischen Summenskalenwertes (PSW) zum Zeitpunkt 6 und 12 Monate aufgetragen:

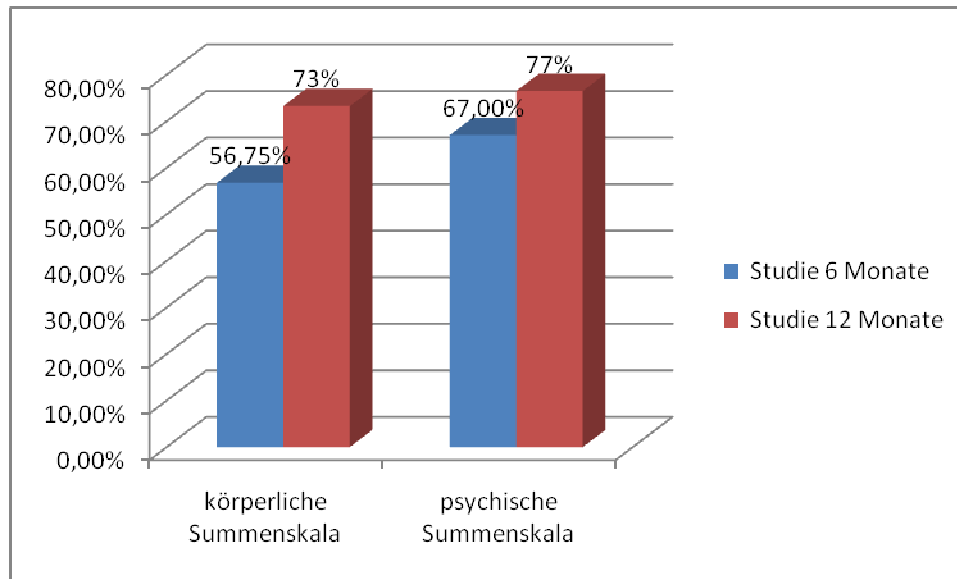


Abb. 35: PSW und KSW im zeitlichen Verlauf

Betrachtet man den KSW, so ist hier ein Anstieg von 56,75% zum Zeitpunkt 6 Monate post OP um 16,25%, auf 73% zum Zeitpunkt 12 Monate post OP zu verzeichnen.

Beim PSW konnte ein Anstieg von 67% zum Zeitpunkt 6 Monate post OP auf 77% 12 Monate post OP, also um 10%, ermittelt werden.

3.4.3 Radiologische Auswertung

Die folgenden Tabellen zeigen die Ergebnisse der radiologischen Auswertung.

3.4.3.1 Kontaktfläche und Debridement

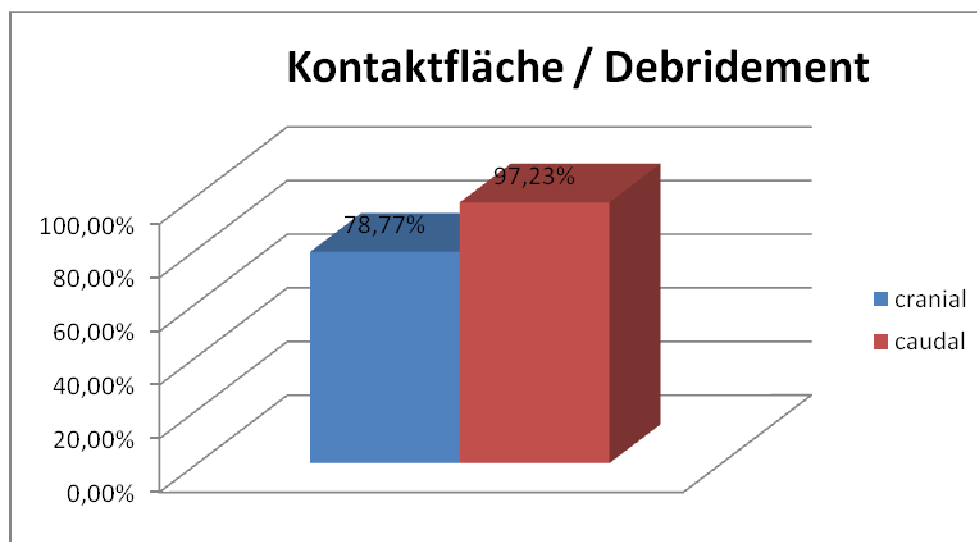


Abb. 36: Verhältnis der Kontaktfläche des Allograftspanes zur debridierten Auflagefläche

In dieser Tabelle wurde jeweils das Verhältnis zwischen der Kontaktfläche des Allograftspanes zur debridierten Auflagefläche gemessen. Die Auswertung erfolgte jeweils cranial und caudal des Spanes.

Cranial war die durchschnittliche Kontaktfläche des Spanes zu 78,77 % korrespondierend mit der debridierten Fläche. Das entspricht im Mittel $2,12 \text{ cm}^2$, bei einer Spanne von $0,35$ bis $4,56 \text{ cm}^2$. Mittelwert und Median stimmen gut überein, der Median beträgt $2,06 \text{ cm}^2$.

Somit hatten durchschnittlich 21,23 % keinen Kontakt mit korrespondierender Spongiosa.

Caudal waren durchschnittlich 97,23 % des Spanes in Kontakt mit spongiösem und somit dekordiertem Knochen. Das entspricht im Mittel in etwa $2,89 \text{ cm}^2$, bei einer Spanne von $0,26$ bis $5,23 \text{ cm}^2$. Mittelwert und Median stimmen gut überein, der Median beträgt $2,78 \text{ cm}^2$.

Somit hatten durchschnittlich 2,77 % keinen Kontakt mit korrespondierender Spongiosa.

3.4.3.2 Volumen des Allograft

In dieser Tabelle wurde das durchschnittliche Volumen des Allograft - Spanes zu den Zeitpunkten 0, 3, 6 und 12 Monate post OP dargestellt.

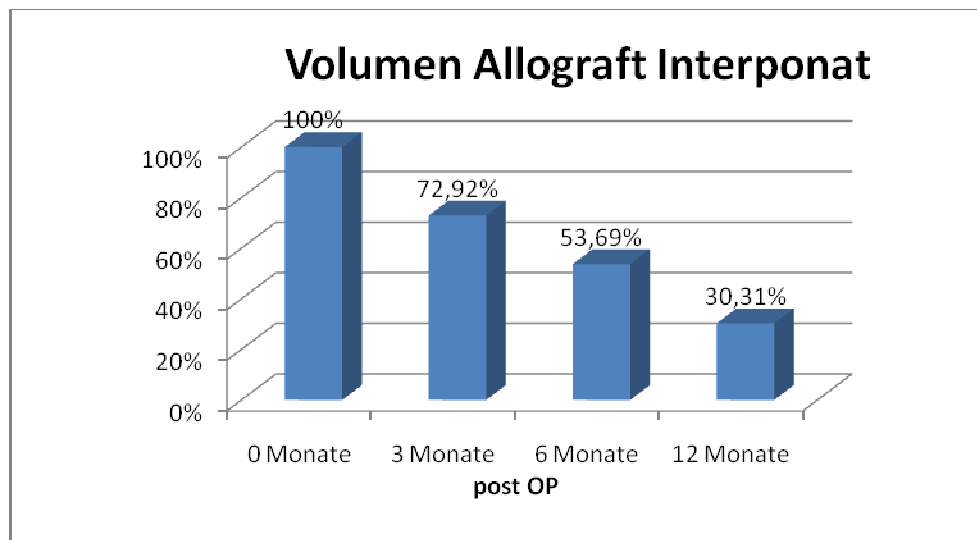


Abb. 37: Volumen des Allograft Interponates im Verlauf

Das mittlere Volumen, aus den unmittelbar nach erfolgter OP durchgeführten CT Kontrollen wurde als Referenzvolumen genommen und die darauf folgenden Messungen in Verhältnis gesetzt.

Nach 3 Monaten waren 27,08 %, nach 6 Monaten 46,31 % und nach 12 Monaten bereits 69,69 % des Blockes resorbiert.

Das entspricht im einzelnen folgenden Volumina:

Zum Zeitpunkt 0 Monate post OP in etwa einem Volumen von 6,50 cm³, bei einer Spanne von 2,73 bis 8,93 cm³. Der Median liegt bei 6,40 cm³.

Zum Zeitpunkt 3 Monate post OP entspricht das einem mittleren Volumen von $4,74 \text{ cm}^3$, bei einer Spanne von $1,27$ bis $7,80 \text{ cm}^3$. Der Median liegt ebenfalls bei $4,74 \text{ cm}^3$.

Zum Zeitpunkt 6 Monate post OP entspricht das einem mittleren Volumen von $3,49 \text{ cm}^3$, bei einer Spanne von $0,45$ bis $5,71 \text{ cm}^3$. Der Median liegt bei $3,82 \text{ cm}^3$.

Zum Zeitpunkt 12 Monate post OP entspricht das einem mittleren Volumen von $1,97 \text{ cm}^3$, bei einer Spanne von $0,43$ bis $3,55 \text{ cm}^3$. Der Median liegt bei $1,76 \text{ cm}^3$.

3.5 Fallbeispiele

3.5.1 Fallbeispiel 1:

Dargestellt ist der Verlauf eines 27 jährigen Patienten, der sich im Rahmen eines Motorradunfalls einen inkompletten Berstungsbruch des BWK 11 mit Hinterkantenbeteiligung zugezogen hatte, A 3.1 nach Magerl. 3 Tage nach dem schädigenden Ereignis wurde die ventrale Spondylodese durchgeführt. Es bestanden zu keinem Zeitpunkt neurologische Defizite. Der Patient konnte nach 11 Tagen entlassen werden.



Abb. 38: Coronar Ebene post OP

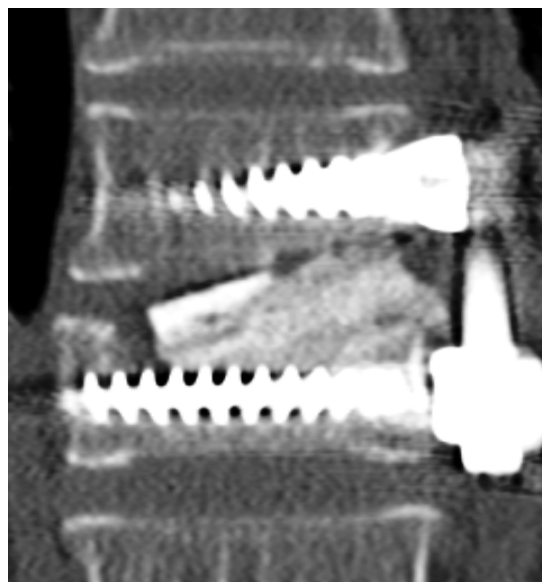


Abb. 39: Coronar Ebene 3 Monate



Abb. 40: Coronar Ebene 6 Monate

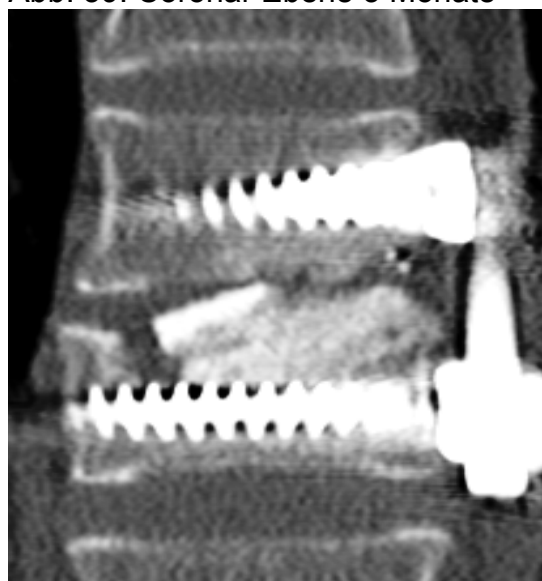


Abb. 41: Coronar Ebene 12 Monate



Abb. 42: Sagittal Ebene post OP

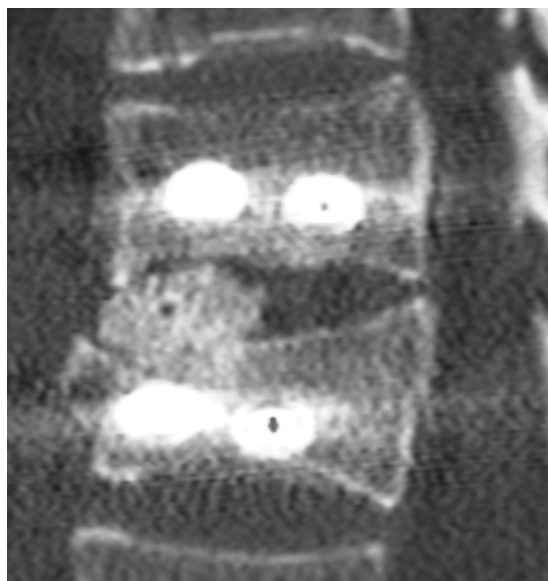


Abb. 43: Sagittal Ebene 3 Monate

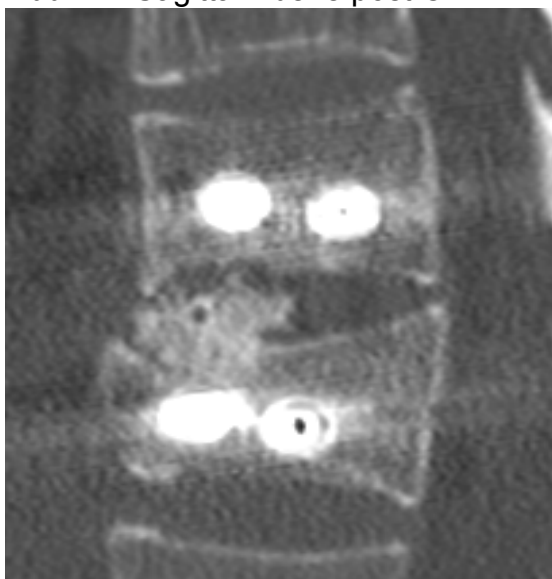


Abb. 44: Sagittal Ebene 6 Monate

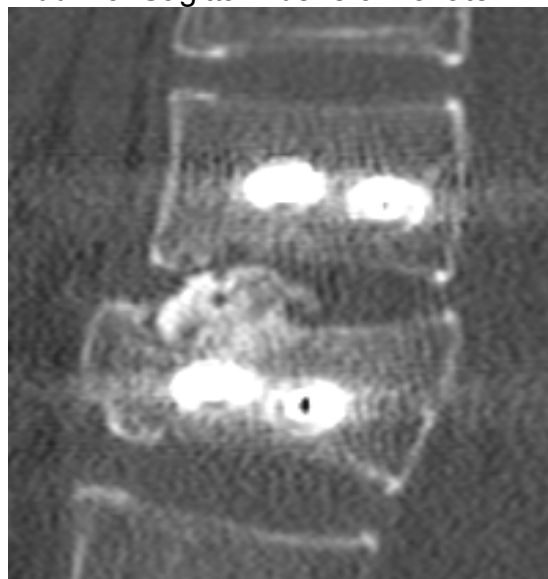


Abb. 45: Sagittal Ebene 12 Monate

3.5.2 Fallbeispiel 2:

Exemplarisch dargestellt ist ein Fall eines 50 jährigen Patienten, der sich aufgrund eines Sturzes aus 4m Höhe bei einem Wanderurlaub einen Berstungsspaltbruch des LWK 1, A3.2 nach Magerl, mit Hinterkantenbeteiligung zugezogen hatte. Dieser wurde initial in einer auswärtigen Klinik, mittels Fixateur interne von BWK 12 auf L2 von dorsal versorgt. Bei ausbleibender Frakturheilung wurde der Patient nach 54 Tagen schließlich zusätzlich von ventral mittels MACS und Allograftspan versorgt. Der Patient konnte nach 8 Tagen aus der stationären Behandlung entlassen werden.

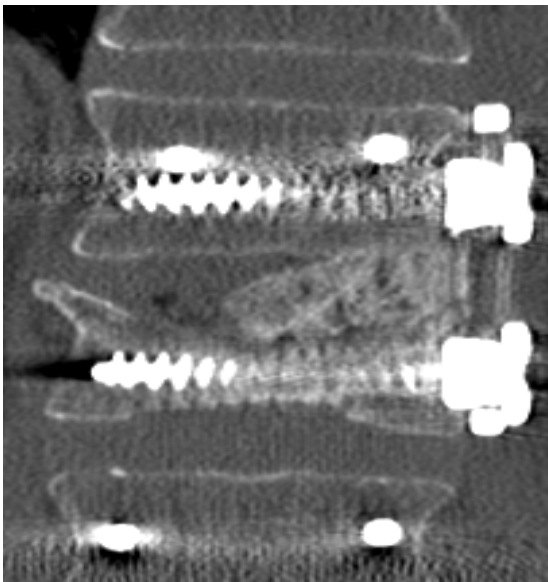


Abb. 46: Coronar Ebene post OP

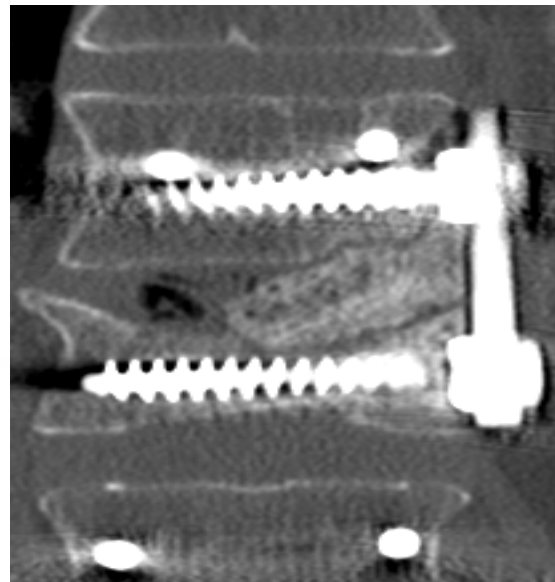


Abb. 47: Coronar Ebene 3 Monate



Abb. 48 Coronar Ebene 6 Monate

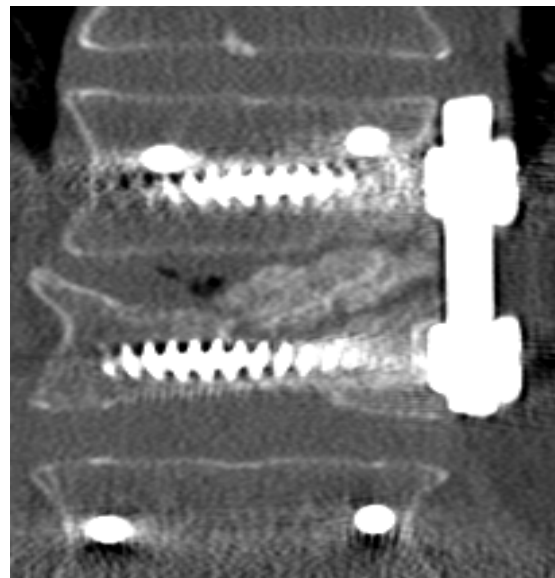


Abb. 49: Coronar Ebene 12 Monate



Abb. 50: Sagittal Ebene post OP



Abb. 51: Sagittal Ebene 3 Monate



Abb. 52: Sagittal Ebene 6 Monate



Abb. 53: Sagittal Ebene 12 Monate

3.5.3 Fallbeispiel 3:

Dargestellt ist ein 40 jähriger Patient, der bei Baumschneidearbeiten aus 2m Höhe stürzte und sich dabei einen inkompletten Berstungsbruch des BWK 12 mit Hinterkantenbeteiligung zugezogen hatte, A 3.1 nach Magerl. Der Patient stellte sich erst nach 4 Tagen aufgrund anhaltender Rückenschmerzen in der Ambulanz vor, sodass insgesamt 6 Tage nach dem Unfall die operative Versorgung durchgeführt wurde. Der Patient konnte am 15. Tag aus der stationären Versorgung entlassen werden.

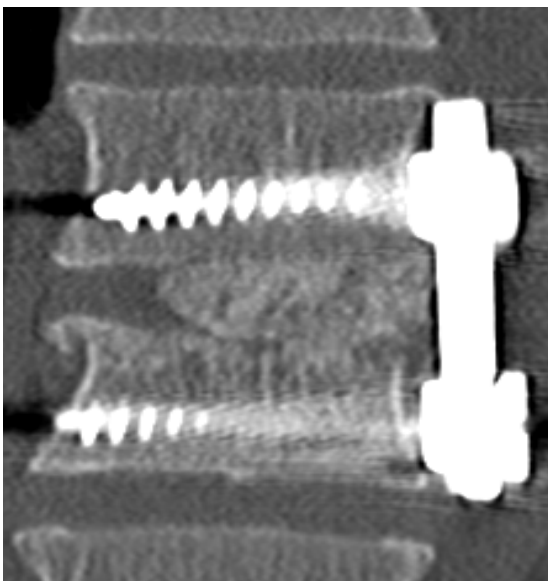


Abb. 54: Coronar Ebene post OP

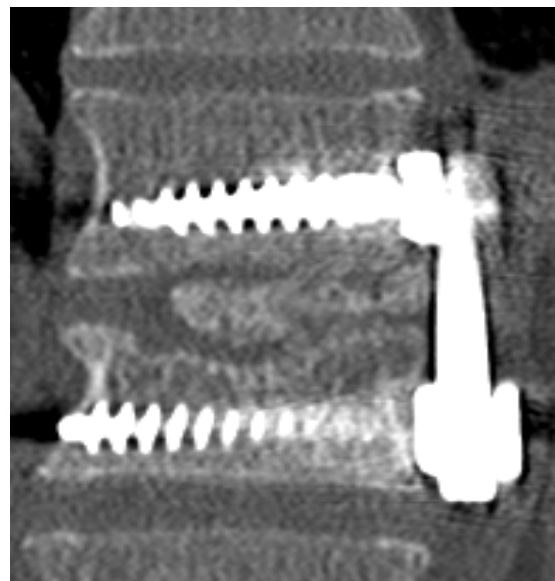


Abb. 55: Coronar Ebene 3 Monate

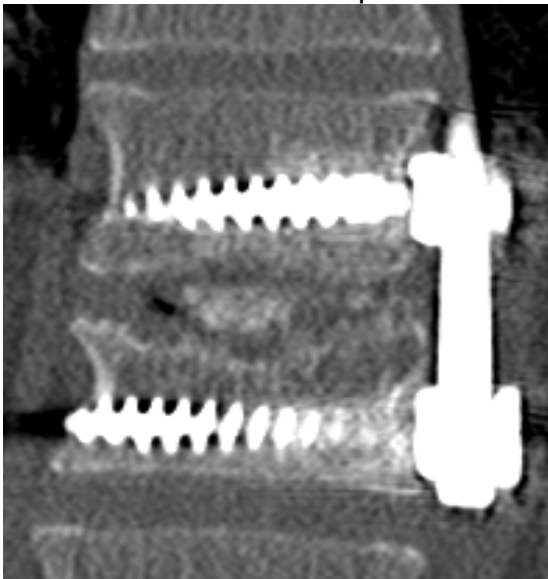


Abb. 56: Coronar Ebene 6 Monate

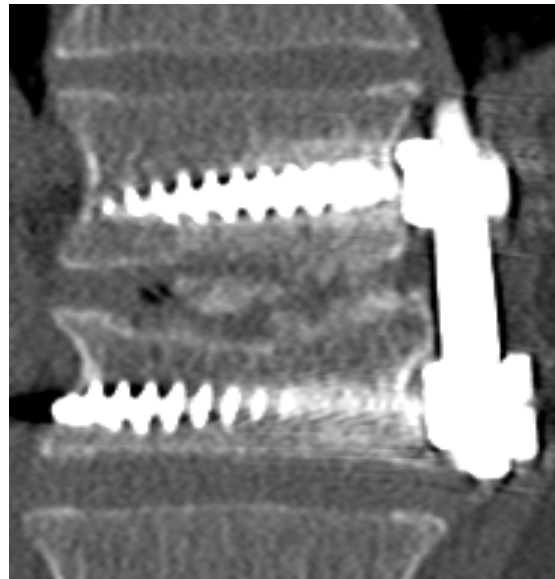


Abb. 57: Coronar Ebene 12 Monate

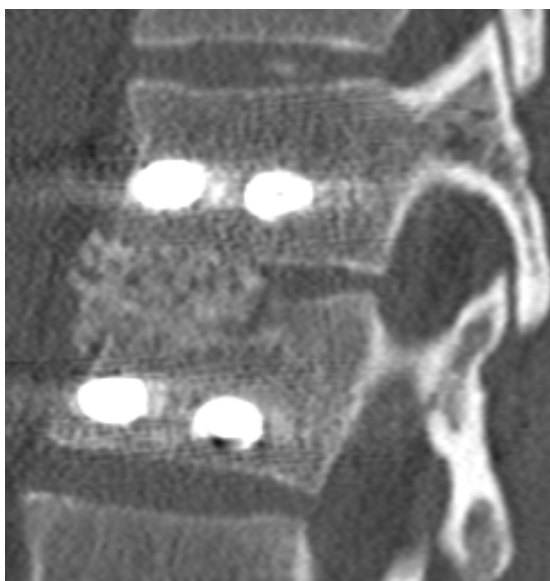


Abb. 58: Sagittal Ebene post OP

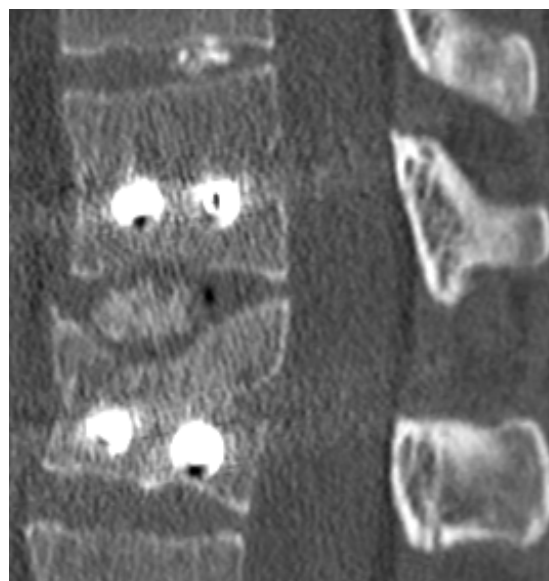


Abb. 59: Sagittal Ebene 3 Monate

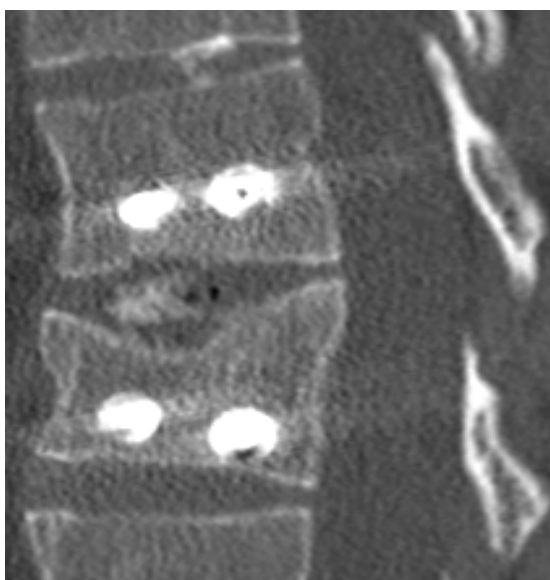


Abb. 60: Sagittal Ebene 6 Monate

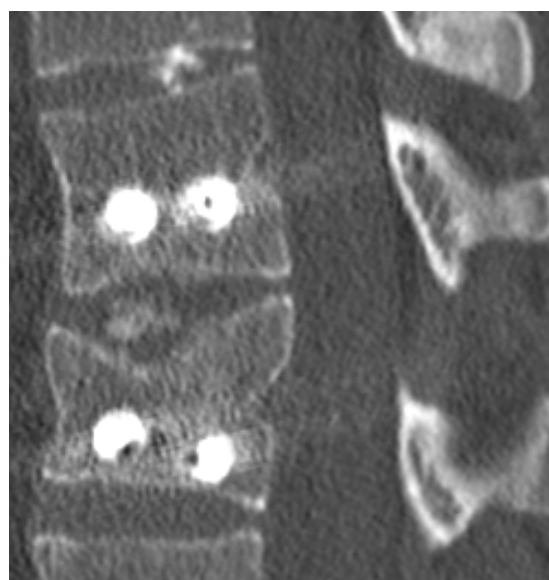


Abb. 61: Sagittal Ebene 12 Monate

4 Diskussion

Die vorliegende Studie basiert auf der Analyse eines Patientenkollektivs, das im Zeitraum von März 2004 bis März 2005 an der Berufsgenossenschaftlichen Unfallklinik (BGU) Tübingen wegen Frakturen der thorakolumbalen Wirbelsäule operativ versorgt wurde. Ziel der Arbeit war es, das Einbauverhalten „vitalisierter Allografts“ bei Spondylodesen nach Verletzungen des thorakolumbalen Übergangs der Wirbelsäule zu untersuchen und dies mit der Zufriedenheit der Patienten zu vergleichen. Um diese Parameter zu evaluieren, wurden die Patienten während eines Jahres klinisch nachuntersucht, mittels des Oswestry Score (OWS) und Short Form – 36 Health Survey (SF – 36) befragt und in 3 Monatsabständen mittels CT radiologisch kontrolliert.

Als Standardverfahren für die ventrale Spondylodese gilt nach wie vor die Fusion mit autologem Knochen vom Beckenkamm. Zur Gewinnung der Beckenkammspongiosa ist jedoch ein zweites OP Feld nötig. Hinsichtlich der lokalen Komplikationen an der Entnahmestelle werden in der Literatur in bis zu 55% der Fälle langanhaltende Wund- und Belastungsschmerzen sowie Sensibilitätsstörungen beschrieben. (Wilke 2001) Bei der isolierten thorakoskopischen Versorgung einer A3.1 – Verletzung des thorakolumbalen Übergangs ist die Zusatzmorbidity zur Entnahme des Beckenkammspanns somit in einer nicht unerheblichen Zahl der Fälle größer, als die Morbidity des Zugangs zur Versorgung der Wirbelsäule. (Badke 2006) Um die Morbidity und gegebenenfalls Mortalität für oben genannte Operationsmethode weiter zu senken, wurde anstatt autologer Spongiosa Allograft verwendet. Es handelt sich dabei um ein spongiöses Trägermaterial, das sowohl in seiner Mikroarchitektur als auch in der physiologischen Zusammensetzung den chemischen Eigenschaften von humanem Knochengewebe entspricht und damit nach Einbringung in den Defekt die Fähigkeit besitzen sollte, komplett integriert zu werden.

4.1 Probleme bei der Datengewinnung:

Bevor die einzelnen Ergebnisse diskutiert werden, sollen zunächst die mit der Datengewinnung verbundenen methodischen Probleme näher beleuchtet werden.

In die Auswertung gingen bei dieser retrospektiven Studie auch die Selbstbeurteilung der Patienten hinsichtlich Schmerz und Lebensqualität mit ein. Die angewandten Testverfahren sind bezogen auf ihre Reliabilität mehrfach überprüft und wurden in zahlreichen anderen Studien verwandt. (Fairbank 1980, Nadjman 1981, Little 1994, Airaksinen 1997, Frost 1998, Pratt 2002) Dennoch kann es unter anderem durch eine zu hohe präoperative Erwartungshaltung der Patienten oder eine lange Therapiedauer zu einer Verzerrung der Selbsteinschätzung kommen. Das individuelle Schmerzempfinden ist zudem bei jedem Patienten anders ausgeprägt, sodass bei kleiner Patientenzahl der Aussagewert der Durchschnittswerte als eingeschränkt betrachtet werden muss.

Ein weiteres Problem bestand in der Auswertung der CT Bilder. Bisher finden sich in der Literatur keine Daten über eine standardisierte Auswertung postoperativer CT Kontrollen nach ventraler Spondylodese. Die bis jetzt angegebenen Verfahren basieren meist auf einer subjektiven Einschätzung der CT Befunde durch den Untersucher. (Briem 2003) Abhilfe kann hierbei der von Badke et al. entwickelte Auswertungsscore schaffen. Dieser ermöglicht es, das Einheilungsverhalten anhand eines strukturierten Schemas zu beurteilen. (Badke 2006) Da es in dieser Studie jedoch zu keiner nennenswerten Durchbauung kam und somit alle Endergebnisse in die Klasse III nach Badke einzuordnen wären, brachte die Anwendung dieses Scores keinen zusätzlichen Informationsgewinn.

Zur Errechnung des Volumens des Allograftinterponates wurden die Ausmaße des Interponates, wie unter Kapitel 2.6 bereits erklärt, gemessen. Es kann

aufgrund der Schichtdicke der Aufnahmen von 2 mm, zu einer gewissen Ungenauigkeit gekommen sein. Dies sollte bei der Betrachtung der Ergebnisse berücksichtigt werden.

4.2 Gesamtergebnisse Kollektiv:

Es handelt sich bei dem Patientenkollektiv der vorliegenden Studie um eine homogene Patientengruppe mit gleicher Genese und gleichem OP- Verfahren. Es wurden insgesamt 20 Patienten mit einem Durchschnittsalter von exakt 40 Jahren versorgt (jüngster: 24, ältester: 63 Jahre). Es handelte sich um 6 weibliche (30 %) und 14 männliche (70 %) Patienten, dies entspricht einem Verhältnis Frauen zu Männer von 1 : 2,3. In dieser Studie wurden die Patienten retrospektiv aufgenommen.

Die häufigste Unfallursache war der Sturz aus der Höhe. Insgesamt 80 % (n = 16) der Patienten hatten diesen Unfallmechanismus. 20 % (n=4) erlitten ihre Verletzung durch einen Autounfall.

Betrachtet man die Lokalisation der Wirbelsäulenverletzungen, dann ergibt sich die häufigste Lokalisation auf Höhe des thorakolumbalen Übergangs (Th 12 – L1) mit 75 % der betroffenen Patienten. 15 % hatten Frakturen auf Höhe des Segmentes Th 11 – Th 12, und 10 % auf Höhe Th 10 –Th 11 erlitten.

Am häufigsten unter den Frakturtypen waren Berstungsfrakturen mit insgesamt 90%. Darunter waren dies im Einzelnen jeweils eine Kneifzangenfraktur (A2.3), eine Flexionsdistraction mit Wirbelkörperkompression (B1.2) und eine Rotations - Berstungsfraktur (C1.3). Desweiteren wurden 10 inkomplette Berstungsbrüche (A3.1), 3 Berstungsspaltbrüche (A3.2) und 4 komplette Berstungsbrüche (A3.3) ermittelt.

Die Daten des untersuchten Kollektivs stimmten weitgehend mit den in der Literatur berichteten epidemiologischen Daten überein. Bei Verkehrsunfällen und Mehrfachverletzen wird die Häufigkeit einer Wirbelsäulenverletzung zwischen 5,5 und 30% angegeben (Pennig 1987). Betrachtet man die Ursachen von Wirbelsäulenverletzungen isoliert, dann wird der Sturz aus großer Höhe mit

50,4% angegeben. Verkehrsunfälle werden mit 22,1% als die zweithäufigste Unfallursache angegeben, wobei Verkehrsunfallopfer häufig schwerer verletzt sind als andere Patienten. Das geschätzte Risiko für Verkehrsunfallopfer, eine C - Verletzung davonzutragen, ist gegenüber anderen etwa doppelt so hoch. Dasjenige polytraumatisiert zu werden etwa 4 fach erhöht. Der thorakolumbale Übergang nimmt dabei eine Sonderstellung ein. Etwa die Hälfte aller Verletzungen der gesamten Wirbelsäule fallen auf die Segmente T11 – L2. (Jakobs 1984, Dick 1987) wobei der Wirbelkörper L1 als der am häufigsten betroffene Wirbelkörper gilt. (Guttmann 1949).

Etwa zwei Drittel der Frakturen betreffen Männer. Die Angaben liegen zwischen 60% und 66,8% mit einem Altersgipfel zwischen 20 und 40 Jahren. (Gertzbein 1992) 88,9% der Patienten erleiden eine mono- oder bisegmentale Wirbelsäulenverletzung. In 5,9% der Fälle liegt eine Mehrsegmentverletzung (> 2 aufeinander folgende verletzte Segmente), 5,3% eine Mehretagenverletzung (unverletzte Segmente zwischen den betroffenen) vor.

Die 1999 von Knop et al. durchgeführte DGU Sammelstudie untersuchte 682 Patienten. (Knop 1999) Hier waren 63,9% Männer und 36,1% Frauen mit einem Durchschnittsalter von 39,5 Jahren zum Zeitpunkt des Unfalls untersucht worden. Am häufigsten war auch hier der Sturz aus der Höhe, mit 50,4% aller Fälle. Verkehrsunfälle waren mit 22,1% die zweithäufigste Unfallursache. Knop et al. kamen bei der Lokalisation der Frakturen zum Ergebnis, dass 3,8% BWK 11, 24,9% BWK 12, 49,3% LWK 1 verletzt hatten. Die häufigsten Frakturtypen waren auch hier Berstungsfrakturen mit insgesamt 56,9%.

Briem et al. untersuchten prospektiv 30 Patienten nach Frakturen im thorakolumbalen Übergang. Hier wurden die Patienten notfallmässig mit USS von dorsal stabilisiert und hieran anschließend in einem zweizeitigen Vorgehen von ventral mit einem autogenen Beckenkammspan und MACS stabilisiert. Das Durchschnittsalter der Patienten betrug 40,7 Jahre. 56,7 % waren Frauen und 43,3 % Männer. (Briem 2003) Auch hier waren 56 % aller Unfallursachen der Sturz aus der Höhe, als zweithäufigste Unfallursache entfielen 16,7% auf

Verkehrsunfälle. Bei der Lokalisation der Frakturen kamen Briem et al. zum Ergebnis, dass 3,3% BWK 11, 13,3% BWK 12, 70% LWK 1 verletzt hatten. Berstungsfrakturen waren hier insgesamt mit 80% vertreten.

Auch Magerl et al. kommen bezüglich Lokalisation und Häufigkeit der einzelnen Verletzungstypen zu ganz ähnlichen Ergebnissen. Sie fanden unter 1146 Verletzungen der thorakolumbalen Wirbelsäule, dass 27,8% Frakturen des Wirbelkörpers L1 waren. Etwa halb so häufig folgten die beiden benachbarten Wirbelkörper T12 und L2. (Magerl 1994)

In unserer Studie wurden die Patienten bei einzeitigem Vorgehen (n = 8) im Durchschnitt 5 Tage nach dem Unfallereignis von ventral thorakoskopisch mittels Allograftinterponat versorgt, bei einem Krankenhausaufenthalt von 15 Tagen.

Beim zweizeitigen Vorgehen wurden die Patienten (n = 9) im Durchschnitt 14 Tage nach dem Unfallereignis von ventral mittels Allograftinterponat versorgt, bei einem Krankenhausaufenthalt von 37 Tagen. Diese Angaben beziehen sich auf den Operationszeitpunkt der thorakoskopischen Spondylodese. Die dorsale Spondylodese ging hierbei der ventralen voraus. Zu bedenken ist, dass die in Kapitel 3.1.5 erwähnten 3 Patienten (zwei mit Paraplegie, einer mit Nachkyphosierung) im Vergleich zu den restlichen Patienten vom zeitlichen Aspekt her eine unterschiedliche Behandlungsstrategie erfuhren. Betrachtet man den primär in einem anderen Krankenhaus von dorsal stabilisierten und später nachkyphosierten Patienten, so wurde dieser nach über 8 Monaten von ventral operiert. Die beiden paraplegischen Patienten wurden aufgrund des schweren Verletzungsmusters zunächst intensivmedizinisch und später aufwendig frührehabilitativ versorgt. Bei ihnen wurde die ventrale thorakoskopische Stabilisierung nach 7 bzw. 8 Monaten durchgeführt.

13 Patienten gingen nach der Operation ihrem zuvor ausgeübten Beruf nach und waren nach durchschnittlich 115 Tagen wieder arbeitsfähig. 3 konnten in ihrem zuvor ausgeübten Beruf nicht mehr tätig sein und ergriffen Umschulungsmaßnahmen. 4 Patienten konnten aufgrund der Schwere ihrer Verletzung keinen Beruf mehr ausüben.

Kraemer et al. untersuchten retrospektiv 24 Patienten mit Frakturen im thorako – lumbalen Übergang bei einem follow up von min. 2 Jahren (26 – 45 Monate). Eine Gruppe wurde operativ, die andere konservativ behandelt. Durchschnittlich waren die Patienten hier 16 Tage stationär. 8 Patienten kehrten in ihren angestammten Beruf zurück, 8 hatten einen neuen Beruf, 3 wurden frühberentet und 2 blieben aufgrund ihres Unfalls arbeitslos. (Kraemer 1996)

Steib et al. untersuchten retrospektiv 70 Patienten mit Frakturen im thorakolumbalen Bereich mit einem Durchschnittsalter von 40,3 Jahren (20 – 80). (Steib 2006) Diese wurden in offener Technik zunächst von dorsal und in einem weiteren Schritt in einer Zeitspanne von 14 – 45 Tagen nach der ersten Operation von ventral stabilisiert. Der Nachuntersuchungszeitraum betrug durchschnittlich 30,7 Monate (12 – 78). Auch hier waren 71% der Patienten nach der Operation wieder arbeitsfähig.

Knop et al. kamen bei Ihrer DGU Sammelstudie auf eine durchschnittliche Arbeitsunfähigkeit von einem halben Jahr, bei einem Minimum von 18 Wochen. 71% ihrer Patienten waren nach der Operation wieder arbeitsfähig, wobei nur 48% wieder in ihren alten Beruf zurückkehrten. (Knop 2001)

Der Vergleich mit der Literatur zeigt, dass bei einzeitigem thorakoskopischen Vorgehen bezüglich der Rehabilitation sehr gute Ergebnisse erzielt wurden. Dies ist zum einen durch die geringere Schwere der Verletzung zu erklären, aber v.a. durch das geringere Trauma, indem ausschließlich thorakoskopisch operiert werden konnte. Beim zweizeitigen Vorgehen verlängert sich die Rehabilitation dagegen, wobei auch hier letztendlich sehr gute klinische Ergebnisse erreicht werden konnten. Erfreulich ist, dass 80% (n=16) der Patienten wieder beruflich integriert werden konnten, was im Vergleich zu den übrigen Arbeiten ebenfalls ein sehr gutes Ergebnis ist.

4.3 Gesamtergebnisse klinische Nachuntersuchung:

Für den Oswestry-Score (OWS) zum Zeitpunkt 6 Monate post OP liegt die durchschnittlich erreichte Punktzahl bei 18 Punkten, was einem

Rückenschmerzwert (RWS) von 35% entspricht. Dies entspricht laut der Einteilung aus Kapitel 2.4.1, Tabelle 14 einer mäßigen Behinderung. 6 Monate später fällt dieser Wert bereits auf durchschnittlich 10 Punkte ab, was einem RWS von 19% entspricht. Dies entspricht laut oben genannter Tabelle einer minimalen Behinderung. Dies bedeutet eine Abnahme der Rückenschmerzen um 16% innerhalb dieses Zeitraumes.

Betrachtet man die Ergebnisse des SF – 36 so stiegen die Werte im Beobachtungszeitraum von 6 Monaten von durchschnittlich 62% auf 72%. (Ø 67%) Der körperliche Summenskalenwert (KSW) stieg von 56,75% auf 73%. (Ø 64,88%) Der psychische Summenskalenwert (PSW) stieg im selben Zeitraum von 67% auf 77%. (Ø 72%) Im Gegensatz zum OWS spricht hier ein Anstieg der Werte für eine bessere Lebensqualität.

Briem et al. untersuchten in einer weiteren Studie die Lebensqualität von Patienten nach dorso – ventraler Stabilisierung 2 Jahre nach stattgehabten Trauma. Hierbei wurden 19 Patienten mittels SF – 36 befragt. Der hier erreichte KSW betrug 45,84%, der PSW 51,37%. (Briem 2003)

Kraemer et al. differenzierten in Ihrer Studie nicht nach KSW und PSW, sondern ermittelten nur den Durchschnittswert und erreichten hier einen Wert von 65%. (Kraemer 1996)

Somit zeigt sich, dass die gemessenen Werte und analog dazu die Lebensqualität bei unseren Patienten im Vergleich zu anderen Studien höher liegt. Ein Grund hierfür kann das minimalinvasive operative Vorgehen sein, ohne die Notwendigkeit eines zweiten Operationsfeldes zur Gewinnung der Beckenkammspongiosa. Dies sollte jedoch nicht darüber hinwegtäuschen, dass im Vergleich zur deutschen Normstichprobe, die ein gesundes, repräsentatives Kollektiv darstellt, insbesondere jene Items, welche die körperliche Einsatzfähigkeit messen, eingeschränkt sind.

4.4 Gesamtergebnisse radiologische Auswertung:

Es erscheint sinnvoll, für die Annahme einer ausreichenden Durchbauung nicht nur ein ausreichendes Spanvolumen sondern v.a. einen ausreichenden Kontakt

zwischen dem Transplantat und den angrenzenden Wirbelkörpern zu fordern. (Badke 2006) Auf den unmittelbar postoperativ gemachten CT Aufnahmen waren cranial 78,77 %, caudal 97,23 % des Allograftspanes mit spongiösem und somit dekortiziertem Knochen in Kontakt. Dies waren prinzipiell gute Bedingungen, um eine Einheilung des Spanes zu ermöglichen. Es kam im Verlauf jedoch anstatt zur Durchbauung zu einer Resorption des Allograftes, sodass im Durchschnitt bei der 12 Monats post OP CT Kontrolle nur noch rund ein Drittel des ursprünglichen Knochenspanvolumens übrig geblieben waren. Für Spondylodesen mit autologen Spänen wurde bei degenerativen Wirbelsäulenerkrankungen über akzeptable Fusionsraten berichtet. Für Spondylodesen am thorakolumbalen Übergang nach Frakturen existieren bislang nur wenige Daten. (Badke 2004) Grundsätzlich scheinen Spondylodesen nach traumatischen Ereignissen mit einer höheren Pseudarthroserate behaftet, als Spondylodesen mit degenerativer Indikationsstellung. (Steinmann 1992, Sandhu 1999, McAfee 2001) Zwar variieren die Daten in Abhängigkeit der verwendeten Fusionstechnik, entscheidend für die Fusionsrate scheint hierbei jedoch die Qualität der Durchblutung des Wirbelkörpers. (Toribatake 1998).

Knop et al. berichtet in einer Studie mit 29 Patienten, dass es bei 34% zu einer Einheilung der autologen Spongiosa mit interkorporeller Fusion gekommen sei. Bei weiteren 34% war durch Höhenminderung des Zwischenwirbelraumes ein Anschluss der Spongiosa erfolgt, jedoch ohne CT morphologisch nachweisbare Durchbauung. Bei 31% war weder eine interkorporelle Spondylodese, noch eine knöcherne Durchbauung erzielt worden. (Knop 1999) Briem et al. berichten in einer Serie von 30 Fällen über 23 vollständige knöcherne Integrationen der eingebrachten Beckenkammspäne. Wesentlich an diesen Zahlen ist jedoch, dass bei keinem der 7 Patienten mit unvollständiger Späneinheilung ein klinisch relevanter Korrekturverlust zu beobachten war. (Briem 2003, Badke 2004)

Zum Einbauverhalten von Allografts bei Frakturen der thorakolumbalen Wirbelsäule nach Trauma liegen bis jetzt keine vergleichbaren Arbeiten vor. Die meisten Studien beziehen sich auch hier auf das Einbauverhalten von Allograft bei degenerativen Indikationsstellungen. Einen guten Überblick über die

verfügbare Literatur gibt die Arbeit von Ehrler et al. (Ehrler 2000) Sie kommen zu der Schlussfolgerung, dass Allograft speziell bei der kombinierten anterioren und posterioren Spondylodese, ein sehr geeignetes Material mit sehr guter Einheilungsprognose ist.

Diese Ergebnisse konnten wir in unserer Studie nicht verzeichnen. Somit stellt sich die Frage, welche Faktoren zu dieser unzureichenden Einheilung geführt haben.

Betrachtet man die biologischen Faktoren, so sprechen die oben erwähnten cranialen und caudalen Kontaktflächen für eine sorgfältige Präparation. Eine ausreichende Durchblutung der angrenzenden Spongiosa war intraoperativ gewährleistet. Kritisch ist jedoch der Vorgang der „Vitalisierung“ der Allografts zu beurteilen. Die verwendeten Allografts wurden mit Knochenmark (KM) aus dem Tibiakopf beimpft, wie in Kapitel 2.2 beschrieben. Es ist durchaus möglich, dass die aspirierten KM Zellen den Allograftblock nicht ausreichend durchdringen konnten und so nur oberflächlich anhafteten, oder im Aspirat nicht genügend vorhanden waren. Es wurde gezeigt, dass die Anzahl der Osteoprogenitorzellen mit Zunahme des Knochenmarkaspirates abfällt, da es zu einer Verdünnung durch Blut kommt. Dieser Effekt kann jedoch minimiert werden, indem pro Einstichstelle nicht mehr als 2 ml Knochenmark aspiriert werden und dann von einem oder mehreren Punktionsorten das Knochenmark fächerförmig aspiriert wird. (Muschler 1997) Für diese Punktionstechnik eignet sich der Tibiakopf nicht all zu sehr. Es sollte daher überlegt werden, ob in Zukunft das Knochenmark mittels Yamshidistanzkanüle aus dem Beckenkamm aspiriert werden sollte. Ein weiterer ungünstiger Aspekt könnte in unserem Kollektiv auch die Begleitmedikation gewesen sein. Es wurden im Tiermodell für die Exposition gegenüber nichtsteroidalen Antiphlogistika (NSAR) und Nikotin deutlich reduzierte Fusionsraten nachgewiesen. (Dimar 1996, Theiss 2000) In unserem Patientenkollektiv waren 14 Nichtraucher, welche sich jedoch CT morphologisch nicht von den 6 Rauchern abgrenzen ließen. Die Einnahme von NSAR ließ sich bei unseren Patienten nur für den Zeitraum des

Klinikaufenthaltes eruieren. Inwiefern diese sich auf den Heilungsprozess auswirkte und somit diese These untermauern würde, kann jedoch nicht ausreichend beantwortet werden und könnte in künftigen Studien in Form von histologischen Untersuchungen objektiviert werden.

Betrachtet man die statischen Faktoren, so ist zu überlegen, welche Bedingungen hierbei suboptimal gewesen sein könnten. Auch ist die Tatsache, dass durch die winkelstabile Instrumentierung weniger Kompressionskraft auf die Späne aufgebracht wurde und somit eine schlechtere Einheilung erfolgt, nicht suffizient geklärt. (Knop 1999, Badke 2004)

4.5 Radiologie vs. Klinik

Trotz dieses radiologisch nicht zufriedenstellenden Ergebnisses sind die Patienten aufgrund ihrer sehr guten klinischen Resultate körperlich kaum beeinträchtigt. Zum Studienzeitpunkt war keiner der Patienten von einer konsekutiven Fehlstellung betroffen. Sie boten keinerlei klinisches Korrelat für den Untergang des eingebrachten Spanes. McAfee et al. kommen zu dem Schluß, dass bei einem guten klinischen Ergebnis nicht zwingend eine knöcherne Durchbauung vorhanden sein muss. (McAfee 2001) Zudem ist durch das MACS das operierte Segment ausreichend stabil. Da aber grundsätzlich das Risiko einer Lockerung besteht, ist auch in Zukunft eine Nachuntersuchung der Patienten notwendig.

4.6 Ausblick

Schon seit langem wird nach geeigneten Knochenersatzmaterialien geforscht. Das Spektrum reicht von organischen Materialien wie z.B. Allografts oder Xenografts, bis hin zu anorganischen Materialien wie z.B. Keramiken. Jedoch stießen diese Methoden schnell an ihre Grenzen. Xenografts werden all zu oft vom Körper als fremd erkannt und in der damit verbundenen immunogenen

Fremdkörperreaktion kommt es zum Untergang des Transplantates. (Schweiberer 1967) Ein ähnliches Bild bietet die Verwendung von Keramiken. Es stellte sich heraus, dass die biologischen Eigenschaften der Kalziumphosphatkeramiken in Bezug auf die Förderung der knöchernen Reparationen und ihre mechanischen primären Eigenschaften unzureichend sind. Es ist nicht möglich eine sichere Voraussage darüber zu machen, ob gerade bei massiven Implantaten in der Folge eine Überbrückung, Durchbauung des Defekts und Wiederherstellung der knöchernen Kontinuität eintreten wird. (Rueger 1998)

Zu den Knochenersatzmaterialien sind auch die Cages zu rechnen, für welche hervorragende mechanische Testdaten und eine weitgehend komplikationslose Instrumentierung beschrieben wurden. (Knop 2001) Darüber hinaus weisen die bislang verfügbaren Daten auf eine zuverlässige Einheilung des Cages mit einer Fusionsrate von 81 - 90% hin, sodass für die Cages bezüglich der knöchernen Einheilung ein deutlicher Vorteil gegenüber den autogenen Beckenkammspänen gegeben zu sein scheint. (Finkelstein 1999, Mulholland 2000) Die knöcherne Einheilung der Cages kann zudem durch die Kombination mit Wachstumsfaktoren und autogenen Zellen aus dem resezierten Substanzdefekt unterstützt werden. Vor diesem Hintergrund werden alternative Verfahren wie der Einsatz von Cages zunehmend an Bedeutung gewinnen (Briem 2003) Für einige Cagemodelle besteht auch die Möglichkeit einer minimal – invasiven Instrumentierung. (Bühren 1997, Kossmann 2001) Die Kombination von knochenmarkbeimpften Allografts und Cages wäre der nächste Schritt, um den hier verfolgten Ansatz einer minimalinvasiven Spondylodese zu erreichen.

Verschiedene Wachstumsfaktoren wie Bone Marrow Protein (BMP) 2 und BMP 7 werden aufgrund ihrer osteoinduktiven Eigenschaften schon heute angewandt. (Laursen 1999) Vor kurzem wurde BMP 2 von der „Food and Drug Administration“ (FDA) in den USA in Kombination mit Metallcages, bei anteriorer lumbaler Arthrodesis zugelassen. (Peterson 2005) Zukünftig scheint die Beeinflussung spinaler Fusionsvorgänge auch für die zentrale Regulation des Knochenstoffwechsels denkbar. Auf welcher Ebene in diesen zentralen

Regulationsmechanismus eingegriffen werden kann, wird im Rahmen aktueller Untersuchungen eruiert. (Ducy 2000, Sandhu 2001, Linhart 2001)

4.7 Schlussfolgerung

Die Verwendung von Allograft in der Wirbelsäulen Chirurgie stellt grundsätzlich eine Alternative zur autologen Beckenkammpongiosa dar. Gegenüber dem offenen Verfahren bestehen die wesentlichen Vorteile in der Reduktion des postoperativen Schmerzes, ohne die Notwendigkeit eines zweiten Operationsfeldes, einer verkürzten Hospitalisierung und der reduzierten Zugangsmorbidität und daraus resultierenden beschleunigten Rehabilitation. Die erfreulichen Ergebnisse des SF – 36 und OWS unterstreichen dies.

Die radiologischen Daten zeigen jedoch keine Einheilung. Hält man an dem Ziel einer knöchernen Fusion fest, muss die Methode optimiert werden. Der Prozess der „Vitalisierung“, speziell die Vorgehensweise bei der Knochenmarksaspiration muss soweit standardisiert werden, dass eine gleich bleibend hohe Konzentration an Osteoprogenitorzellen gewährleistet ist.

Die bislang verfügbaren Daten bezüglich der Einheilungsrate und mechanischen Eigenschaften von Cages sind hervorragend. Die Kombination von knochenmarkbeimpften Allograft und Cages wäre der nächste Schritt, um den hier verfolgten Ansatz einer minimalinvasiven Spondylodese zu erreichen. Inwiefern hierbei BMP und Wachstumsfaktoren eine begünstigende Rolle spielen werden, wird die fernere Zukunft erweisen.

5 Zusammenfassung

Im Zeitraum von März 2004 bis März 2005 wurden an der Berufsgenossenschaftlichen Unfallklinik Tübingen 20 Patienten, aufgrund von Frakturen der thorakolumbalen Wirbelsäule mit Allograftinterponat versorgt. Bei den 20 Patienten wurden insgesamt 33 Operationen durchgeführt, 13 Patienten wurden sowohl dorsal mittels Fixateur interne, als auch durch ventrale thorakoskopische Stabilisierung durch MACS und „vitalisiertem“ Allograftblock versorgt. 7 Patienten wurden ausschließlich durch ventrale thorakoskopische Stabilisierung mit Hilfe des MACS und „vitalisiertem“ Allograftblock versorgt. Der Nachuntersuchungszeitraum betrug ein Jahr. Hier wurde das klinische Outcome mittels Oswestry Score bzw. SF – 36 eruiert und das radiologische Outcome mit den im Rahmen der regulären Nachsorge entstandenen CT Aufnahmen dokumentiert. Nach 12 Monaten wurden beim Oswestry Score 10 Punkte erreicht und beim SF – 36 72%, was bei beiden Tests ein sehr gutes Ergebnis bedeutet und somit aussagt, dass die Patienten trotz stattgefundenem Trauma eine sehr gute Lebensqualität im Alltag haben. Auch bei der klinischen Untersuchung waren die Ergebnisse hervorragend. Bei der radiologischen Kontrolle musste festgestellt werden, dass es in keinem Fall zu einer ausreichenden Durchbauung des eingebrachten Allograftblockes kam. Einer der Hauptgründe dafür dürfte die nicht ausreichende Menge an Osteoprogenitorzellen bei der Knochenmarkaspiration gewesen sein. Hält man an dem Ziel einer knöchernen Fusion mittels Allograft fest, so muss die Methode optimiert werden.

6 Literatur

Aebi M, Etter C, Kehl T, Thalgott J (1987)

Stabilization of the lower thoracic and lumbar spine with the internal spinal skeletal fixation system. Indications, techniques, and first results of treatment. Spine 12: 544 - 551

Airaksinen O, Herno A, Turunen V, Saari T, Suomlainen O (1997)

Surgical outcome of 438 patients treated surgically for lumbar spinal stenosis. Spine 22: 2278 - 2282

Albrektsson T, Johansson C (2001)

Osteoinduction, osteoconduction and osteointegration. Eur Spine J 10: 96 –101

Ani N, Keppler L, Biscup RS, Steffee AD (1991)

Reduction of high-grade slips (grade III-V) with vsp instrumentation: report of a series of 41 cases. Spine 16: 302 – 310

Badke A, Kaps HP (2004)

Erfahrungen mit winkelstabilen Implantaten an Brust- und Lendenwirbelsäule. Trauma Berufskrankh 6: 41 – 43

Badke A, Jedrusik P, Feiler M, Damman F, Claussen CD, Kaps HP, Weise K (2006)

CT - basierter Auswertungsscore nach ventraler Spondylodese bei thorakolumbalen Wirbelfrakturen. Unfallchirurg 109: 119 – 124

Bauer G, Fellows BJ, Oel HJ (1986)

Phasen - Entstehung und -Umwandlung bei der Herstellung bioaktiver keramischer Werkstoffe.

Friedbold G (Hrsg) Bioaktive Werkstoffe. Deutscher Verein für Materialprüfung, 93 – 102

Beisse R, Potulski M, Ufer B, Bühren V (1999)

Thorakoskopische Behandlung von Frakturen der Brust- und Lendenwirbelsäule.

Arthroskopie 12: 92 - 97

Beisse R, Potulski M, Bühren V (2000)

Thorakoskopisch gesteuerte Instrumentation an BWS und LWS. Trauma Berufskrankh 2: 251 – 256

- Beisse R**, Potulski M, Bühren V (2001)
Ventrals Rekonstruktion der Wirbelsäule durch minimalinvasive Verfahren.
Trauma Berufskrankh 3: 315 – 320
- Bennet G** (1964)
Injuries of the spine.
Williams & Wilkins, Baltimore: 1 - 59
- Benson DR**, Burkus JK, Montesano PX, Sutherland TB, McLain RF (1992)
Unstable thoracolumbar and lumbar burst fractures treated with the ao fixateur interne.
J Spinal Disord 5; 335 - 343
- Blauth M**, Knop C (1996)
Studie zur Therapie thorakolumbalen Frakturen.
Der Unfallchirurg 257: 479 – 483
- Blauth M**, Knop C, Bastian L (1997)
Behandlungsstrategie und Ergebnisse bei Frakturen im Bereich der BWS und LWS.
Hefte Unfallchir 268: 171 - 179
- Blauth M**, Knop C (1998)
Komplikationen bei der operativen Behandlung thorakolumbalen Verletzungen.
In: Egbers HJ, Roth L, Schroeder L (Hrsg)
Komplikationen bei der operativen Knochenbruchbehandlung,
1.Aufl.Wachholtz,Neumünster: 110 – 133
- Boden SD** (1998)
Bone repair and enhancement clinical trial design. Spine applications.
Clin Orthop 355: 336 – 346
- Bohlmann HH** (1976)
Late progressive paralysis and pain following fracture of the thoracolumbar spine.
J Bone Joint Surg [Am] 58: 728
- Bolander ME**, Balian G (1986)
The use of demineralized bone matrix in repair of segmental defects.
J Bone Jt Surg 68: 1264 – 1274
- Breasted JH** (1930)
The Edwin Smith Surgical Papyrus.
Chicago: 316 – 342, 425 - 428

Briem D, Rueger JM, Linhardt W (2003)
Die Einheilung autogener Transplantate nach dorsoventraler Instrumentierung instabiler Frakturen der thorakolumbalen Wirbelsäule.
Unfallchirurg 106: 195 - 203

Briem D, Linhart W, Lehmann W et al. (2003)
Untersuchung der Lebensqualität nach dorso-ventraler Stabilisierung von Wirbelfrakturen des thorakolumbalen Übergangs.
Unfallchirurg 106: 625 – 632

Bühren V, Beisse R, Potulski M (1997)
Minimal-invasive ventrale Spondylodesen bei Verletzungen der Brust- und Lendenwirbelsäule
Chirurg 68: 1076 – 1084

Bullinger M, Kirchberger I (1998)
SF-36 Fragebogen zum Gesundheitszustand – Handanweisung.
Hogrefe – Verlag, Göttingen: 40 – 60

Calenof L, Chessare JW, Rogers LF, Toerge J, Rosen JS (1978)
Multiple level spinal injuries: importance of the early recognition.
Am J Roentgenol 130: 665 – 669

Cantor JB, Lebowitz NH, Garvey T, Eismont FJ (1993)
Nonoperative management of stable thoracolumbar burst fractures with early ambulation and bracing.
Spine 18: 971 - 976

Cunningham BW, Kanayama M, Parker LM, et al (1999)
Osteogenetic protein versus autologous interbody arthrodesis in the sheep thoracic spine: A comparative endoscopic study using the Bagby and Kuslich fusion device.
Spine 24: 509 – 518

Daniaux H (1986)
Transpedikuläre Reposition und Spongiosaplastik bei Wirbelkörperbrüchen der unteren Brust- und Lendenwirbelsäule.
Unfallchirurg 89: 197 - 213

Dick W (1987)
Akutversorgung von Wirbelsäulenverletzungen. Brust- und Lendenwirbelsäule, operative Therapie.
Langenbecks Arch Chir. Suppl 2: 261 - 265

Dick W (1987)
The „fixateur interne“ as a versatile implant for spine surgery.
Spine 12: 882 – 900

Dimar JR, Ante WA, Zhang YP, Glassman SD (1996)
The effects of nonsteroidal antiinflammatory drugs on posterior spinal fusions in the rat.
Spine 21: 1870 - 1876

Ducy P, Amling M, Takeda S et al. (2000)
Leptin inhibits bone formation through a hypothalamic relay: a central control of bone mass.
Cell 100: 197 - 207

Ebelke DK, Asher Ma, Neff JR, Kraker DP (1991)
Survivorship analysis of VSP spine instrumentation in the treatment of thoracolumbar and lumbar burst fractures.
Spine 16: 428 – 432

Ehrler DM, Vaccaro AR (2000)
The use of allograft bone in lumbar spine surgery.
Clinical Orthopaedics and related researches 371: 38 - 45

Esses SI, Botsford DJ, Wright T, Bednar D, Bailey S (1991)
Operative treatment of spinal fractures with the AO internal fixator.
Spine 16: 146 - 150

Evans JH (1985)
Biomechanics of lumbar fusion.
Clin Orthop 193: 38 - 46

Eysel P, Rompe JD, Hopf C, Meinig G (1994)
Die Bedeutung der Bandscheibe für den Repositionsverlust operativ stabilisierter Frakturen der Rumpfwirbelsäule.
Unfallchirurg 97: 451 – 457

Fairbank JCT, Couper J, Davies JB, O'Brien JP (1980)
The Oswestry low back pain questionnaire in thoracolumbar fractures.
Physiotherapy 66: 271 – 273.

Faciszewski T, Winter RB, Lonstein JE, Denis F, Johnson L (1995)
The surgical and medical perioperative complications of anterior spinal fusion surgery in the thoracic and lumbar spine in adults. A review of 1223 procedures.
Spine 20: 1592 – 1599

Farfan HF (1979)
Biomechanik der Lendenwirbelsäule.
Die Wirbelsäule in Forschung und Praxis Band 80.

Finkelstein JA, Chapman JR, Mirza S (1999)
Anterior cortical allograft.
J Spinal Disord 125: 424 – 429

Frost H, Lamb SE, Klaber-Moffett JA, Fairbank JC, Moser JS (1998)
A fitness programme for patients with chronic low back pain: 2 – year follow –
up of a randomised controlled trial.
Pain 75: 273 - 279

Gertzbein SD, Robbins SE (1990)
Accuracy of pedicular screw placement in vivo.
Spine 15: 11 – 14

Gertzbein SD (1992)
Scoliosis Research Society. A Multicenter Spine Fracture study.
Spine 17: 528 – 540

Gotzen L, Junge A, Koppelberg T, Stiletto R (1995)
Fortschritte in der Fixateur-interne-Stabilisierung von thorakolumbalen
Wirbelsäulenverletzungen.
Unfallchirurg 98: 79 - 86

Goulet JA, Senunas LE, DeSilva GL, Greenfield ML (1997)
Autogenous iliac crest bone graft. Complications and functional assessment.
Clin Orthop 339: 76 - 81

Guttmann L (1949)
Surgical aspects of the treatment of traumatic paraplegie.
J. Bone Joint Surge [Br] 31: 399 – 403

Hadra BE (1975)
The classic wiring of the vertebrae as a means of immobilization in fractures
and Pott's disease.
Med Times and Registers, Vol 22, 1891
Clin Orthop 112: 4 - 8

Harms J, Tabasso G (1999)
Instrumented Spinal Surgery.
Thieme, Stuttgart: 1 – 19

Haumann W (1939)
Die Wirbelbrüche und ihre Endergebnisse.
Enke, Stuttgart

Heini PF, Berlemann U (2001)
Bone substitutes in vertebroplasty.
Eur Spine J 10: 205 – 213

Jakobs RR, Casey MP (1984)
Surgical management of thorakolumbar spinal injuries. General principles and
controversial considerations.
Clin Orthop 189: 22 -35

- Junge A**, Gotzen L, Garrel Tv, Ziring E, Giannadakis K (1997)
Die monosegmentale Fixateur interne-Instrumentation und Fusion in der
Behandlung von Frakturen der thorakolumbalen Wirbelsäule.
Unfallchirurg 100: 880 – 887
- Kandziora F**, Schnake KF, Klostermann CK, Haas NP (2004)
Wirbelkörperersatz in der Wirbelsäulen Chirurgie.
Unfallchirurg 107: 354-371
- Kim DH**, Jahng TA, Balabhadra RS, Potulki M, Beise R (2004)
Thoracoscopic transdiaphragmatic approach to thoracolumbar junction fractures.
Spine J 4: 317 – 328
- Kluger P**, Gerner HJ (1986)
Das mechanische Prinzip des Fixateur externe zur dorsalen Stabilisierung der
Brust- und Lendenwirbelsäule.
Unfallchirurg 12: 68 -79
- Knop C**, Blauth M, Bastian L, Lange U, Becker T, Tscherne H (1997)
Frakturen der thorakolumbalen Wirbelsäule - Spätergebnisse nach dorsaler
Instrumentierung und ihre Konsequenzen.
Unfallchirurgie 100: 630 – 639
- Knop C**, Bastian L, Lange U, Blauth M (1999)
Transpedikuläre Spongiosaplastik am thorakolumbalen Übergang.
Orthopäde 28: 703 - 713
- Knop C**, Blauth M, Bühren V, Hax PM, Kinzl L, Mutschler W, Pommer A, Ulrich
C, Wagner S, Weckbach A, Wentzensen A, Wörsdörfer O (1999)
Operative Behandlung von Verletzungen des thorakolumbalen Übergangs –
Teil 1: Epidemiologie.
Der Unfallchirurg 102: 924 – 935
- Knop C**, Lange U, Bastian L, Oeser M, Blauth M (2001)
Biomechanical compression tests with a new implant for thoracolumbar
vertebral body replacement.
Eur Spine J 10: 30 – 37
- Knop C**, Blauth M, Bühren V, Arand M, Egbers HJ, Hax PM, Nothwang J,
Oestern HJ, Pizanis A, Roth R, Weckbach A, Wentzensen A (2001)
Operative Behandlung von Verletzungen des thorakolumbalen Übergangs –
Teil 3: Nachuntersuchung.
Unfallchirurg 104: 583 – 600
- Kossmann T**, Rancan M, Jacobi D, Trentz O (2001)
Minimally invasive vertebral replacement with cages in thoracic and lumbar
spine.
Eur J Trauma 27: 292 – 300

Kraemer WJ, Schemitsch EH, Lever J, McBroom RJ, McKee MD, Waddell JP (1996)

Functional Outcome of Thoracolumbar Burst Fractures Without Neurological Deficit.

J Orthop Trauma 10: 541 - 544

Kummer B (1981)

Biomechanik der Wirbelgelenke.

Die Wirbelsäule in Forschung und Praxis 87: 30 - 34

Laursen M, Høy K, Hansen ES et al. (1999)

Recombination bone morphogenetic protein – 7 as an intracorporal bone growth stimulator in unstable thoracolumbar burst fractures in humans: preliminary results.

Eur Spine J 8: 485 - 490

Liljenqvist U, Mommsen U (1995)

Die operative Behandlung thorakolumbalen Wirbelsäulenverletzungen mit dem Fixateur interne und transpedikulärer Spongiosoplastik.

Unfallchirurgie 21: 30 - 39

Linhart W, Briem D (2001)

Knochenersatz 2000 – 2010. Standortbestimmung und Innovation in der Therapie von Knochendefekten.

Orthopäde 30: 189 – 192

Little DG, MacDonald D (1994)

The use of the percentage change in Oswestry Disability Index score as an outcome measure in lumbar spinal surgery.

Spine 19: 2139 - 2143

Mack MJ, Regan J, Bobechko WP, Acuff TE (1993)

Applications of thoracoscopy for diseases of spine.

Ann Thorac Surg 56: 736 – 738

Madawi AA, Powell M, Crockard HA (1996)

Biocompatible osteoconductive polymer versus iliac graft: A prospective comparative study for the evaluation of fusion pattern after anterior cervical discectomy

Spine 21: 2123 - 2130

Magerl F, Aebi M, Gertzbein SB, Harms J, Nazarian S (1994)

A comprehensive classification of thoracic and lumbar injuries.

Eur Spine J 3: 184 – 201

- Magerl F**, Engelhardt P (1994)
Brust - und Lendenwirbelsäule - Verlaufsformen.
In: Witt AN, Rettig H, Schlegel KF
Orthopädie in Praxis und Klinik, spezielle Orthopädie. (Wirbelsäule – Thorax -
Becken).
Thieme, Stuttgart New York: 3.82 - 3.132
- McAfee PC**, Boden SD, Brantigan JW, Fraser RD, Kuslich SD, Oxland TR,
Panjabi MM, Ray CD, Zdeblick TA (2001)
Symposium: a critical discrepancy – a criteria of successful arthrodesis
following interbody spinal fusions.
Spine 26: 320 - 334
- Mulholland RC** (2000)
Cages: outcome and complications.
Eur Spine J 9: 110 – 113
- Munting E**, Faundez A, Manche E (2001)
Vertebral reconstruction with cortical allograft: long – term evaluation.
Eur Spine J 10: 153 – 157
- Muschler GF**, Boehm C, Easley K (1997)
Aspiration to obtain osteoblast progenitor cells from human bone marrow: The
influence of aspiration volume.
J Bone Joint Surg 79:1699–1709
- Najman JM**, Levine S (1981)
Evaluating the impact of medical care and technology on quality of life. A review
and critique.
Social Science and Medicine 15F: 107 - 115
- Ostermann PAW**, Johnson JR, Holt RT, Henry SL (1990)
Behandlung von instabilen thorakalen und lumbalen Wirbelsäulenfrakturen mit
dem Cotrel-Dubousset Instrument.
Langenbecks Arch Chir 375: 161–165
- Ostermann PAW**, Ekkernkamp A, Biedermann L, Latta L (1999)
Biomechanische Analyse der anterioren Beckenkammspanimplantation und
Plattenosteosynthese nach posteriorer Spondylodese einer instabilen LWK-I-
Fraktur.
Hefte Unfallchirurg: 393 – 394
- Peterson B**, Iglesias R, Zhang J, Wang JC, Lieberman JR (2005)
Genetically Modified Human Derived Bone Marrow Cells for Posterolateral
Lumbar Spine Fusion in Athymic Rats.
Spine 30: 283 – 290

Pennig D, Brug E, Klein W (1987)
Wirbelsäule und Begleitverletzungen bei Polytraumatisierten im Wachstumalter.
Unfallchirurg 90: 518 – 522

Post MJ, Green BA (1983)
The use of computed tomography in spinal trauma.
Radiol Clin North Am 21: 327 – 375

Pratt RK, Fairbank JC, Virr A (2002)
The reliability of the Shuttle Walking Test, the Swiss Spinal Stenosis Questionnaire, the Oxford Spinal Stenosis Score, and the Oswestry Disability Index in the assessment of patients with lumbar spinal stenosis.
Spine 27: 84-91.

Prolo DJ, Oklund SA (1995)
Bone Healing and Grafting in Spinal Surgery.
In Hitchon PW, Traynelis VC, Rengachary SS (eds.).
Technique in Spinal Fusion and Stabilization.
Thieme Medical Publishers, New York: 72 - 78

Regan JJ, Mack MJ, Oicetti GD (1995)
A technical report on video-assisted thoracoscopy in thoracic spinal surgery.
Preliminary description.
Spine 20: 831 – 837

Refior HJ, Hackenbroch M, Wirth CJ (1998)
Knochenersatzstoffe.
Orthopäde 27: 71

Roosen K (1982)
Bone cement as replacement material of cervical discs.
Fortschr Med 100: 2120 – 2126

Rosenthal D, Rosenthal R, Simone A (1994)
Removal of a protruded disc using microsurgery endoscopy.
Spine 19:1087 – 1091

Roy-Camille R, Saillant G, Mazel C (1986)
Internal fixation of the lumbar spine with pedicle screw plating.
Clin Orthop 203: 7 – 17

Rueger JM (1998)
Knochenersatzmittel. Heutiger Stand und Ausblick.
Orthopäde 27: 72 – 79

- Samuels LE**, Kerstein MD (1993)
"Routine" radiologic evaluation of the thoracolumbar spine in blunt trauma patients: a reappraisal.
J Trauma 34: 85 – 89
- Sandhu HS**, Grewal HS, Parvataneni H (1999)
Bone grafting for spinal fusion.
Orthop Clin North Am 30: 685 – 698
- Sandhu HS**, Khan SN, Suh DY, Boden SD (2001)
Demineralized bone matrix, bone morphogenetic proteins, and animal models for spine fusion: an overview.
Eur Spine J 10: 122 – 131
- Schmid U**, Thielemann F, Weise K, Ochs BG (2007)
Das „vitalisierte“ Allograft als Alternative im Knochenersatz.
Z Orthop Unfallchir 145: 221 – 229
- Schweiberer L**, Hofmeier G, Müller I (1967)
Is the macerated, heterologous bone chip (Kieler bone chip) a callus inducer?
Langenbecks Arch Chir 319: 450 - 454
- Schweiberer L**, Eitel F, Betz A (1982)
Spongiosatransplantation.
Chirurg 53: 195 – 200
- Shono Y**, McAfee PC, Cunningham BW, et al (1993)
A biomechanical analysis of decompression and reconstruction methods in the cervical spine: Emphasis on a carbon – fiber – composite cage.
J Bone Joint Surg 75A: 1674 – 1684
- Sommerfeldt DW**, Linhart W, Scmandra TC, Konold P, Rueger JM (1998)
Die Knochenbank. Richtlinien – Probleme - Anwendung.
Unfallchirurgie 24: 236 – 244
- Steib JP**, Aoui M, Mitulescu A, Bogorin I, Chiffolot X, Cognet JM, Simon P (2006)
Thoracolumbar fractures surgically treated by "in situ contouring".
Eur Spine J 15: 1823 - 1832
- Steinmann JC**, Herkowitz HN (1992)
Pseudarthrosis of the spine.
Clin Orthop 284: 80 – 90
- Theiss SM**, Boden SD, Hair G, Titus L, Morone MA, Ugbo J (2000)
The effect of nicotine on gene expression during spine fusion.
Spine 25: 2588 - 2594

Thielemann FW (1984)

Die Bedeutung der parakrinen Mechanismen des Knochengewebes bei der Frakturheilung und Knochentransplantation.

Habil. Schrift, Eberhard – Karls - Universität Tübingen

Toribatake Y, Hutton WC, Tomita K, Boden SD (1998)

Vascularization of the fusion mass in a posterolateral intertransverse process fusion.

Spine 23: 1149 - 1154

Urist MR, Iwata H, Lecotti PA, Dorfmann RL, Boyd SD, McDowell RM, Chien C (1973)

Bone morphogenesis in implants of insoluble bone gelatine.

Proc Natl Acad Sci USA 70: 3511 – 3515

Urist MR (1983)

Human bone morphogenetic protein.

Proc Soc Exp Biol Med 173: 194 - 201

Vaccaro AR, Rizzolo SJ, Balderston RA, Allardyce, TJ, Garfin SR, Dolinskas C, An HS (1995)

Placement of pedicle screws in the thoracic spine. Part II: An anatomical and radiographic assessment.

J Bone Joint Surg Am

Wälchli B, Heini P, Berlemann U (2001)

Korrekturverlust nach dorsaler Stabilisierung von Berstungsfrakturen des thorakolumbalen Übergangs. Die Rolle der transpedikulären Spongiosaplastik.

Unfallchirurgie 104: 742 – 747

Wagner W, Stolper P (1898)

Die Verletzungen der Wirbelsäule und des Rückenmarks.

Deutsche Chirurgie 40. Enke, Stuttgart.

Whitesides TE (1977)

Traumatic kyphosis of the thoracolumbar spine.

Clin Orthop 128: 78–92

Wilke HJ, Kemmerich V, Claes LE, Arand M (2001)

Combined anteroposterior spinal fixation provides superior stabilisation to a single anterior or posterior procedure.

J Bone Joint Surg Br 83: 609 – 617

Willard W (1871)

Cline's operation.

Chicago M Exam 12: 585

Wippermann BW, Schrott H-E, Steeg S, Tscherne H (1997)
Komplikationen der Spongiosaentnahme am Beckenkamm. Eine Retrospektive
Analyse von 1191 Fällen.
Chirurg 68: 1286 -1291

Wissenschaftlicher Beirat der Bundesärztekammer (1990)
Richtlinien zum Führen einer Knochenbank.
Dtsch Ärztebl 87: 41 - 44

7 Anhang

7.1 Verwendete Materialien

7.1.1 Oswestry Low Back Pain Disability-Questionnaire

Section 1 – Pain intensity	points
I can tolerate the pain I have without having to use pain killers.	0
The pain is bad but I manage without taking pain killers.	1
Pain killers give complete relief from pain.	2
Pain killers give moderate relief from pain.	3
Pain killers give very little relief from pain.	4
Pain killers have no effect on the pain and I do not use them.	5
Section 2 – Personal care (washing, dressing etc.)	points
I can look after myself normally without causing extra pain.	0
I can look after myself normally but it causes extra pain.	1
It is painful to look after myself and I am slow and careful.	2
I need some help but manage most of my personal care.	3
I need help every day in most aspects of self care.	4
I do not get dressed, wash with difficulty and stay in bed.	5
Section 3 – Lifting	points
I can lift heavy weights without extra pain.	0
I can lift heavy weights but it gives extra pain.	1
Pain prevents me from lifting heavy weights off the floor. But I can manage if they are conveniently positioned, eg. on a table.	2
Pain prevents me from lifting heavy weights but I can manage light to medium weights if they are conveniently positioned.	3
I can lift only very light weights.	4
I cannot lift or carry anything at all.	5

Section 4 – Walking

	points
Pain does not prevent me walking any distance.	0
Pain prevents me walking more than 1 mile.	1
Pain prevents me walking more than ½ mile.	2
Pain prevents me walking more than ¼ mile.	3
I can only walk using a stick or crutches.	4
I am in bed most of the time and have to crawl to the toilet.	5

Section 5 – Sitting

	points
I can sit in any chair as long as I like.	0
I can only sit in my favourite chair as long as I like.	1
Pain prevents me sitting more than 1 hour.	2
Pain prevents me sitting more than ½ hour.	3
Pain prevents me sitting more than 10 minutes.	4
Pain prevents me from sitting at all.	5

Section 6 – Standing

	points
I can stand as long as I want without extra pain.	0
I can stand as long as I want but it gives me extra pain.	1
Pain prevents me from standing for more than 1 hour.	2
Pain prevents me from standing for more than 30 minutes.	3
Pain prevents me from standing for more than 10 minutes.	4
Pain prevents me from standing at all.	5

Section 7 – Sleeping

	points
Pain does not prevent me from sleeping well.	0
I can sleep well only by using tablets.	1
Even when I take tablets I have less than six hours sleep.	2
Even when I take tablets I have less than four hours sleep.	3
Even when I take tablets I have less than two hours sleep.	4
Pain prevents me from sleeping at all.	5

Section 8 – Sex life	points
My sex life is normal and causes no extra pain.	0
My sex life is normal but causes some extra pain.	1
My sex life is nearly normal but is very painful.	2
My sex life is severely restricted by pain.	3
My sex life is nearly absent because of pain.	4
Pain prevents any sex life at all.	5
Section 9 – Social life	points
My social life is normal and gives me no extra pain.	0
My social life is normal but increases the degree of pain.	1
Pain has no significant effect on my social life apart from limiting my more energetic interests, eg. dancing.	2
Pain has restricted my social life and I do not go out as often.	3
Pain has restricted my social life to my home.	4
I have no social life because of pain.	5
Section 10 – Travelling	points
I can travel anywhere without extra pain.	0
I can travel anywhere but it gives me extra pain.	1
Pain is bad but I manage journeys over 2 hours.	2
Pain restricts me to journeys of less than 1 hours.	3
Pain restricts me to short necessary journeys less than 30 minutes.	4
Pain prevents me from travelling expect to the doctor or hospital.	5

7.1.2 Übersetzte Version des OWS

1. Schmerzintensität - Wie stark sind Ihre Schmerzen?

Ich kann meinen Schmerz ertragen, ohne Schmerzmittel zu nehmen.

Der Schmerz ist heftig, aber ich komme ohne Schmerzmittel zurecht.

Schmerzmittel machen mich völlig schmerzfrei.

Schmerzmittel führen zu einer mäßigen Besserung des Schmerzes.

Schmerzmittel führen zu einer geringen Besserung des Schmerzes.

Schmerzmittel haben keinen Einfluss auf meinen Schmerz und ich nehme deshalb keine ein.

2. Körperpflege - Wie weit können Sie Ihre persönliche Pflege (waschen, anziehen...) allein bewerkstelligen?

Ich kann mich normal um mich selbst kümmern, ohne dass dadurch zusätzliche Schmerzen ausgelöst werden.

Ich kann mich normal um mich selbst kümmern, aber es bereitet mir zusätzliche Schmerzen.

Es bereitet mir Schmerzen und ich bin langsam und vorsichtig.

Ich benötige ein wenig Hilfe, aber das meiste schaffe ich schon.

Ich brauche jeden Tag Hilfe in allen Belangen der Körperpflege.

Ich kann mich nicht anziehen, nur mühsam waschen und bleibe im Bett.

3. Gewichte heben - Wie weit sind Sie in der Lage, Gegenstände zu heben bzw. zu tragen?

Ich kann schwere Sachen ohne zusätzliche Schmerzen heben.

Ich kann schwere Sachen heben, aber es verursacht zusätzliche Schmerzen.

Schmerzen hindern mich daran, schwere Sachen vom Boden aufzuheben, aber ich schaffe es, wenn sie günstig liegen, z.B. auf dem Tisch.

Schmerzen hindern mich, schwere Sachen zu heben, aber ich schaffe es, leichte bis mittelschwere zu heben, wenn sie günstig liegen.

Ich kann nur sehr leichte Sachen heben.

Ich kann nichts heben oder tragen.

4. Gehstrecke - Wie weit können Sie laufen?

Schmerzen hindern mich nicht, ich kann unbegrenzt gehen.

Schmerzen hindern mich daran, weiter als 1.600 m zu gehen.

Schmerzen hindern mich daran, weiter als 800 m zu gehen.

Schmerzen hindern mich daran, weiter als 400 m zu gehen.

Ich kann nur mit Gehstock oder Krücke laufen.

Ich liege die meiste Zeit im Bett und muss mich zur Toilette schleppen.

5. Sitzen - Wie lange können Sie sitzen?

Ich kann in jedem Stuhl sitzen, solange ich möchte.

Ich kann nur in meinem Lieblingsstuhl sitzen, solange ich möchte.

Schmerzen hindern mich daran, länger als eine Stunde zu sitzen.

Schmerzen hindern mich daran länger als eine halbe Stunde zu sitzen.

Schmerzen hindern mich daran, länger als zehn Minuten zu sitzen.

Schmerzen hindern mich daran, überhaupt zu sitzen.

6. Stehen - Wie lange können Sie stehen?

Ich kann ohne zusätzliche Schmerzen solange stehen wie ich möchte.

Ich kann solange stehen, wie ich möchte, aber ich habe zusätzliche Schmerzen.

Schmerzen hindern mich daran, länger als eine Stunde zu stehen.

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

Schmerzen hindern mich daran, länger als zehn Minuten zu stehen.

Schmerzen hindern mich daran, überhaupt zu stehen.

7. Schlafen - Wie gut können Sie trotz Ihrer Rückenerkrankung nachts schlafen?

Schmerzen hindern mich nicht, gut zu schlafen.

Ich schlafe nur gut, wenn ich Tabletten nehme.

Auch wenn ich Tabletten einnehme, schlafe ich weniger als sechs Stunden.

Auch wenn ich Tabletten einnehme, schlafen ich weniger als vier Stunden.

Auch wenn ich Tabletten einnehme, schlafe ich weniger als zwei Stunden.

Ich kann aufgrund der Schmerzen überhaupt nicht schlafen.

8. Sexualeben - Wie weit wird Ihr Geschlechtsleben durch Ihre Rückenerkrankung beeinträchtigt?

Mein Geschlechtsleben ist normal, es verursacht keine zusätzlichen Schmerzen.

Mein Geschlechtsleben ist normal, aber es verursacht zusätzliche Schmerzen.

Mein Geschlechtsleben ist annähernd normal, aber es ist sehr schmerzhaft.

Mein Geschlechtsleben ist durch den Schmerz stark eingeschränkt.

Ich habe nahezu kein Geschlechtsleben durch die Schmerzen.

Schmerzen verhindern jegliches Geschlechtsleben.

9. Soziale Stellung - Wird Ihr soziales Leben (gesellschaftliche Aktivitäten) durch Schmerzen beeinträchtigt?

Mein soziales Leben ist normal und verursacht keine zusätzlichen Schmerzen.

Mein soziales Leben ist normal, verstärkt aber die Schmerzen.

Schmerz hat keine wesentlichen Auswirkungen auf mein soziales Leben, abgesehen davon, dass er die anstrengenden Interessen, wie z.B. Tanzen, einschränkt.

Die Schmerzen haben mein soziales Leben eingeschränkt, ich gehe seltener aus.

Schmerzen haben mein soziales Leben auf mein Zuhause reduziert.

Aufgrund der Schmerzen habe ich kein soziales Leben mehr.

**10. Mobilität - Wie weit werden Sie durch Schmerzen daran gehindert,
Reisen zu unternehmen?**

Ich kann überall hin reisen, ohne zusätzlich Schmerzen zu haben.

Ich kann überall hin reisen, aber es bereitet mir zusätzliche Schmerzen.

Die Schmerzen sind schlimm, aber ich schaffe einen Ausflug von mehr als zwei Stunden.

Schmerzen hindern mich an Strecken von mehr als einer Stunde.

Schmerzen hindern mich an Strecken von mehr als einer halben Stunde.

Schmerzen hindern mich an jeglichen Fahrten, außer zum Arzt oder zum Krankenhaus.

7.1.3 SF – 36 Health Survey

Monika Bullinger und Inge Kirchberger	
Fragebogen zum Allgemeinen Gesundheitszustand SF 36	
Selbstbeurteilungsbogen	Zeitfenster 1 Woche

In diesem Fragebogen geht es um die Beurteilung Ihres Gesundheitszustandes. Der Bogen ermöglicht es, im Zeitverlauf nachzuvollziehen, wie Sie sich fühlen und wie Sie im Alltag zurechtkommen.

Bitte beantworten Sie jede der (grau unterlegten) Fragen, indem Sie bei den Antwortmöglichkeiten die Zahl ankreuzen, die am besten auf Sie zutrifft.

	Ausgezeichnet	Sehr gut	Gut	Weniger gut	Schlecht
1. Wie würden Sie Ihren Gesundheitszustand im allgemeinen beschreiben?	1	2	3	4	5

	Derzeit viel besser	Derzeit etwas besser	Etwa wie vor einer Woche	Derzeit etwas schlechter	Derzeit viel schlechter
2. Im Vergleich zur vergangenen Woche, wie würden Sie Ihren derzeitigen Gesundheitszustand beschreiben?	1	2	3	4	5

Im folgenden sind einige Tätigkeiten beschrieben, die Sie vielleicht an einem normalen Tag ausüben.			
3. Sind Sie durch Ihren derzeitigen Gesundheitszustand bei diesen Tätigkeiten eingeschränkt? Wenn ja, wie stark?	Ja, stark eingeschränkt	Ja, etwas eingeschränkt	Nein, überhaupt nicht eingeschränkt
3.a anstrengende Tätigkeiten , z.B. schnell laufen, schwere Gegenstände heben, anstrengenden Sport treiben	1	2	3
3.b mittelschwere Tätigkeiten , z.B. einen Tisch verschieben, staubsaugen, kegeln, Golf spielen	1	2	3
3.c Einkaufstaschen heben oder tragen	1	2	3
3.d mehrere Treppenabsätze steigen	1	2	3
3.e einen Treppenabsatz steigen	1	2	3
3.f sich beugen, knien, bücken	1	2	3
3.g mehr als 1 Kilometer zu Fuß gehen	1	2	3
3.h mehrere Straßenkreuzungen weit zu Fuß gehen	1	2	3
3.i eine Straßenkreuzung weit zu Fuß gehen	1	2	3
3.j sich baden oder anziehen	1	2	3

Hatten Sie <i>in der vergangenen Woche</i> aufgrund Ihrer körperlichen Gesundheit irgendwelche Schwierigkeiten bei der Arbeit oder anderen alltäglichen Tätigkeiten im Beruf bzw. zu Hause?	Ja	Nein
4.a Ich konnte nicht so lange wie üblich tätig sein	1	2
4.b Ich habe weniger geschafft als ich wollte	1	2
4.c Ich konnte nur bestimmte Dinge tun	1	2
4.d Ich hatte Schwierigkeiten bei der Ausführung	1	2

Hatten Sie <i>in der vergangenen Woche</i> aufgrund seelischer Probleme irgendwelche Schwierigkeiten bei der Arbeit oder anderen alltäglichen Tätigkeiten im Beruf bzw. zu Hause (z.B. weil Sie sich niedergeschlagen oder ängstlich fühlten)?	Ja	Nein
5.a Ich konnte nicht so lange wie üblich tätig sein	1	2
5.b Ich habe weniger geschafft als ich wollte	1	2
5.c Ich konnte nicht so sorgfältig wie üblich arbeiten	1	2

	Überhaupt nicht	Etwas	Mäßig	Ziemlich	Sehr
6. Wie sehr haben Ihre körperliche Gesundheit oder seelischen Probleme in der <i>vergangenen Woche</i> Ihre normalen Kontakte zu Familienangehörigen, Freunden, Nachbarn oder zum Bekanntenkreis beeinträchtigt?	1	2	3	4	5

	Keine Schmerzen	Sehr leicht	Leicht	Mäßig	Stark	Sehr stark
7. Wie stark waren Ihre Schmerzen in der <i>vergangenen Woche</i> ?	1	2	3	4	5	6

	Überhaupt nicht	Ein bißchen	Mäßig	Ziemlich	Sehr
8. Inwieweit haben die Schmerzen Sie in der <i>vergangenen Woche</i> bei der Ausübung Ihrer Alltagstätigkeiten zu Hause und im Beruf behindert?	1	2	3	4	5

In diesen Fragen geht es darum, wie Sie sich fühlen und wie es Ihnen <i>in der vergangenen Woche</i> gegangen ist. (Bitte kreuzen Sie in jeder Zeile die Zahl an, die Ihrem Befinden am ehesten entspricht).	Immer	Meistens	Ziemlich oft	Manchmal	Selten	Nie
Wie oft waren Sie <i>in der vergangenen Woche</i>						
9.a ... voller Schwung?	1	2	3	4	5	6
9.b ... sehr nervös?	1	2	3	4	5	6
9.c ... so niedergeschlagen, daß Sie nichts aufheitern konnte?	1	2	3	4	5	6
9.d ... ruhig und gelassen?	1	2	3	4	5	6
9.e ... voller Energie?	1	2	3	4	5	6
9.f ... entmutigt und traurig?	1	2	3	4	5	6
9.g ... erschöpft?	1	2	3	4	5	6
9.h ... glücklich?	1	2	3	4	5	6
9.i ... müde?	1	2	3	4	5	6

	Immer	Meistens	Manchmal	Selten	Nie
10. Wie häufig haben Ihre körperliche Gesundheit oder seelischen Probleme in der <i>vergangenen Woche</i> Ihre Kontakte zu anderen Menschen (Besuche bei Freunden, Verwandten usw.) beeinträchtigt?	1	2	3	4	5

Inwieweit trifft <i>jede</i> der folgenden Aussagen auf Sie zu?	trifft ganz zu	trifft weitgehend zu	weiß nicht	trifft weitgehend nicht zu	trifft überhaupt nicht zu
11.a Ich scheine etwas leichter als andere krank zu werden	1	2	3	4	5
11.b Ich bin genauso gesund wie alle anderen, die ich kenne	1	2	3	4	5
11.c Ich erwarte, daß meine Gesundheit nachläßt	1	2	3	4	5
11.d Ich erfreue mich ausgezeichneter Gesundheit	1	2	3	4	5

Vielen Dank.

7.1.4 Meßblatt klinische Untersuchung

Meßblatt für die Wirbelsäule (nach der Neutral-0-Methode)

Name:		Vorname:	Größe in cm:
geb.:	Aktenzeichen:		Gewicht in kg:

Halswirbelsäule

Vorneigen / Rückneigen

(Abb. 1)

Seitneigen re. / li.

(Abb. 2)

Drehen re / li.

(Abb. 3)

Kinnspitzenschulterhöhenabstand bei maximaler Drehseitneigung re. / li.

BWS und LWS

Seitneigen re. / li.

(Abb. 4)

Drehen im Sitzen re. / li.

(Abb. 5)

Liegen / Jugulumabstand (cm)
Aktive Aufrichtung aus Rückenlage
Meßstrecke Liege – DF C7

(Abb. 6)

Fingerbodenabstand (cm)

a) Ott
Meßstrecke DF C7 30 cm caudal

(Abb. 7)

b) Schober
Meßstrecke DF S1 10 cm cranial

(Abb. 7)

c) Meßstrecke 10 cm mit Mittelpunkt
DF L1

(Abb. 7)

Beckentiefstand (cm) re. / li.

Seitverbiegung

Schulterstand (rechts tief / links tief)

Sagittale Verbiegung (kyphotische oder lordotische Fehlförm):

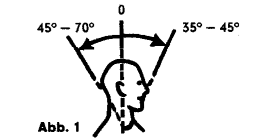


Abb. 1

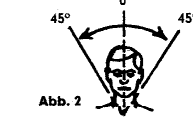


Abb. 2

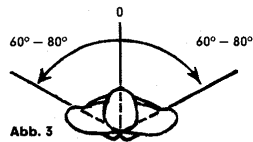


Abb. 3

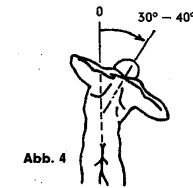


Abb. 4

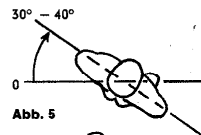


Abb. 5

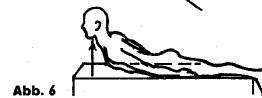


Abb. 6

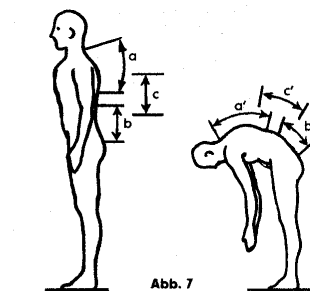


Abb. 7

a : a' = 30 : 32

b : b' = 10 : 15

c : c' = 10 : 13

8 Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich ganz herzlich bei allen Personen bedanken, die mir bei der Erstellung dieser Arbeit geholfen haben.

Meinen Dank aussprechen möchte ich Herrn Prof. Dr. K. Weise für die Überlassung des Dissertationsthemas.

Danken möchte ich Dr. A. Badke für seine intensive Unterstützung und Betreuung bei dieser Arbeit.

Zudem möchte ich mich bei Dr. U. Schmid für Ideen und Anregungen bedanken.

Ferner möchte ich mich bei den folgenden Damen und Herren der BG Unfallklinik Tübingen für ihre freundliche Mitarbeit und Unterstützung bedanken:

Bei den Damen aus der Ambulanz, den Damen und Herren vom Archiv sowie den Damen und Herren von der Röntgenabteilung.

Zuletzt möchte ich meinen Eltern danken, die mir das Medizinstudium überhaupt ermöglicht haben und mich auch moralisch sehr unterstützten.

9 Lebenslauf

Name: Christian Felix Ott

Geburtsdatum: 09.03.1979

Geburtsort: Tübingen

Eltern: Dr. Rüdiger Ott, Barbara Ott

Geschwister: Valentin Ott

Staatsangehörigkeit: deutsch

Familienstand: ledig

Schulbildung: 1985 - 1989
Melanchthon Grundschule Tübingen

1989 - 1998
Kepler Gymnasium Tübingen

Schulabschluss: 1998
Abitur

Studium der Humanmedizin: 10.2000 - 03.2002
Universität Rostock

02.2002 - 05.2007
Eberhard Karls Universität Tübingen

03.2003
Physikum

24.05.2007
2. Staatsexamen

06.2007
Approbation

Sprachkenntnisse: Englisch
Französisch