

Diplomarbeit

**Remodelling konservativ therapierter
thorakolumbaler Kompressionsfrakturen im
Kindes- und Jugendalter**

eingereicht von

Stephan Parzer

zur Erlangung des akademischen Grades

Doktor der gesamten Heilkunde

(Dr. med. univ.)

an der

Medizinischen Universität Graz

ausgeführt an der

Universitätsklinik für Kinder- und Jugendchirurgie

unter Anleitung von

Assoz.-Prof. PD Dr. Georg Singer

PD Dr. Robert Eberl

Graz, am 17.12.2014

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre ehrenwörtlich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst habe, andere als die angegebenen Quellen nicht verwendet habe und die, den benutzten Quellen wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen, als solche kenntlich gemacht habe.

Graz, am 17.12.2014

Stephan Parzer eh

Vorwort

Um den Lesefluss durch andauernde Auflistung beider Geschlechter nicht zu stören und zu vereinfachen, habe ich in meiner Diplomarbeit entweder eine geschlechtsneutrale Formulierung oder eines der beiden Geschlechter verwendet. Es wurden in der gesamten Diplomarbeit immer beide Geschlechter damit gemeint.

Danksagungen

Zu großem Dank bin ich meinem Diplomarbeitsbetreuer Dr. Georg Singer verpflichtet, der mich immer sehr hilfreich unterstützt und mit seinen konstruktiven Vorschlägen und seinem fachlichen Wissen sehr geholfen hat. Auch in Bezug auf die ständige Präsenz und Erreichbarkeit möchte ich mich sehr bedanken, da aufgrund seines schnellen Feedbacks und seiner Bereitschaft, sich Fragen und Problemen zeitnah zu widmen, kaum Verzögerungen auftraten und ein kontinuierliches Arbeiten ermöglicht wurde.

Ich möchte mich auch sehr herzlich bei meiner Familie bedanken. Meine Eltern haben mir über die Jahre hinweg ermöglicht, meinem Berufstraum nachzugehen und zu studieren. Durch die Unterstützung meiner Eltern und Geschwister wurde mir ein reibungsloser Abschluss des Studiums ermöglicht. Danke für diese Geduld und Motivation.

Ein gewisser Dank gilt auch meinen Freunden und Kollegen, durch die meine Studienzeit bereichert wurde.

Zusammenfassung

Hintergrund: Typ A Kompressionsfrakturen der thorakolumbalen Wirbelsäule sind seltene Verletzungen im Kindes- und Jugendalter. Die meisten stabilen thorakolumbalen Kompressionsfrakturen können konservativ behandelt werden. Ob es im weiteren Verlauf aber zu einem Remodelling kommt, ist nicht genau geklärt. Es ist auch nicht gesichert, ob eine Miedertherapie einen Einfluss auf das Remodellierungspotential hat.

Methoden: Es wurden die Daten im Zeitraum von 2000 bis 2011 konservativ therapierter Patienten mit einer thorakolumbalen Typ A Kompressionsfraktur retrospektiv analysiert. Die Patienten wurden zu einer Follow-up Untersuchung mit radiologischer und klinisch körperlicher Untersuchung und zur Evaluierung mittels dreier Scores (VAS, ODI, SF-36) eingeladen. Der sagittale Index (SI) wurde zu drei Zeitpunkten (Unfall, letzte radiologische Kontrolle, Follow-up) bestimmt und miteinander verglichen.

Ergebnisse: 72 Patienten ohne neurologische Defizite wurden aufgrund einer thorakolumbalen Kompressionsfraktur konservativ behandelt. 49% weibliche und 51% männliche Patienten hatten ein mittleres Alter von 12,0 Jahren (Spannweite 1,8-18,3 Jahre). Die Unfallursachen waren Freizeit-, Spiel- und Sportunfälle (64%), Stürze aus > 1,5 m Höhe (18%), Verkehrsunfälle (11%) und Stürze < 1,5 m Höhe (7%). Insgesamt waren 133 Wirbel frakturiert. Die mediane Frakturanzahl lag bei 2 (Spannweite 1-6 Kompressionsfrakturen). Bei 74% war nur die BWS, bei 18% nur die LWS und bei 8% eine Kombination von BWS und LWS frakturiert. Der mittlere SI zum Zeitpunkt des Unfalls lag bei 0,76 (Spannweite 0,45-0,94). 34 Patienten (47%) wurden nach einer mittleren Zeitspanne von 95,2 Monaten (Spannweite 29-158 Monate) nach dem Unfall in die Follow-up Untersuchung inkludiert. 53% der Follow-up Teilnehmer klagten über Rückenschmerzen. Der mittlere SI der Follow-up Untersuchung war im Vergleich zum SI des Unfalls und der letzten radiologischen Kontrolle signifikant höher (0,92 (Spannweite 0,74-1)). Unabhängig von einer Miedertherapie und abhängig vom Alter kam es zu einem signifikanten Remodelling.

Schlussfolgerung: Kinder und Jugendliche mit konservativ therapierten Kompressionsfrakturen der thorakolumbalen Wirbelsäule zeigen ein signifikantes

Remodellierungspotential unabhängig von einer Miedertherapie, aber abhängig vom Alter. Es zeigte sich aber auch, dass mehr als die Hälfte der Patienten im weiteren Verlauf an Schmerzen und Beschwerden leidet.

Schlagnorte: Kompressionsfraktur, thorakolumbale Wirbelsäule, Kinder und Jugendliche, Remodelling, konservative Therapie, Miedertherapie

Abstract

Background: Type A compression fractures of the thoracolumbar spine are rarely encountered injuries in the pediatric population. Most of these stable injuries can be treated conservatively. The remodeling potential of these fractures is largely unknown. Furthermore, there is scarce information about the long-term outcome and whether or not a brace therapy has an influence on the potential of remodeling of these fractures.

Methods: Data of conservatively treated patients with type A compression fractures of the thoracolumbar spine between 2000 and 2011 were retrospectively analyzed. The patients were re-invited for a clinical and radiological follow-up examination and for an evaluation using three scores (VAS, ODI, SF-36). The sagittal index (SI) was determined based at three time points (accident, last radiological examination, follow-up examination) and compared with each other.

Results: 72 patients without neurological deficits were treated conservatively due to a thoracolumbar compression fracture. 49% were female and 51% were male patients with a mean age of 12 years (range 1.8-18.3 years). The mechanisms of accident were categorized into leisure, game and sports accidents (64%), falls > 1.5 m (18%), traffic accidents (11%) and falls < 1.5 m (7%). In total 133 vertebrae were fractured. The median number of affected vertebrae was 2 (range 1-6 compression fractures). In 74% of the cases only the thoracic spine was affected, in 18% only the lumbar spine and in the remaining 8% a combination of both. The mean SI at the time of the accident was 0.76 (range 0.45-0.94). 34 patients (47%) were included in the follow-up examination after a mean of 95.2 months (range 29-158 months) after the accident. 53% of these patients reported back-related problems. Compared to the SI values at the time of the accident and the last radiological examination, the SI of the follow-up examination was significantly increased to a mean of 0.92 (range 0.74-1). Independent from a brace therapy and dependent on the age, a significant remodeling process was seen.

Conclusion: Conservatively treated compression fractures of the thoracolumbar spine in the pediatric population are associated with a significant remodeling potential, independent from brace therapy but dependent on the age. Moreover,

more than half of the patients reported long-term problems during the follow-up examination.

Keywords: compression fracture, thoracolumbar spine, pediatric population, remodeling process, conservative therapy, brace therapy

Inhaltsverzeichnis

Vorwort.....	ii
Danksagungen.....	iii
Zusammenfassung.....	iv
Abstract.....	vi
Inhaltsverzeichnis.....	viii
Glossar und Abkürzungen.....	xii
Abbildungsverzeichnis.....	xiii
Tabellenverzeichnis.....	xv
1 Einleitung.....	1
1.1 Einführung.....	1
1.2 Anatomie der Wirbelsäule.....	2
1.2.1 Aufgabe der Wirbelsäule.....	2
1.2.2 Aufbau der Wirbelsäule.....	2
1.2.3 Thorakolumbale Wirbelsäule.....	4
1.2.4 Wirbelsäule: Entwicklung und Wachstum.....	4
1.3 Frakturen der thorakolumbalen Wirbelsäule.....	7
1.3.1 Ätiologie.....	7
1.3.2 Lokalisation.....	7
1.3.3 Klassifikation von Frakturen der thorakolumbalen Wirbelsäule.....	8
1.3.3.1 Typ A Verletzungen: Kompressionsverletzungen.....	9
1.3.3.1.1 Typ A1: Impressionsfrakturen.....	10
1.3.3.1.1.1 Typ A1.1 Deckenplattenimpression.....	10
1.3.3.1.1.2 Typ A1.2 Keilbruch.....	11
1.3.3.1.1.3 Typ A1.3 Wirbelkörperimpression.....	12
1.3.3.1.2 Typ A2 Spaltbrüche.....	12
1.3.3.1.3 Typ A3 Berstungsbrüche.....	13

1.3.3.2	Typ B Verletzungen: Distraktionsverletzungen.....	14
1.3.3.3	Typ C Verletzungen: Rotationsverletzungen	15
1.3.4	Klinik.....	16
1.3.5	Diagnostik.....	16
1.3.6	Therapie	20
1.3.6.1	Konservative Therapie	20
1.3.6.2	Operative Therapie	21
1.3.7	Prognose	22
1.4	Zielsetzung.....	24
2	Material und Methoden.....	25
2.1	Patienten.....	25
2.2	Follow-up Untersuchung	27
2.3	Sagittaler Index nach Beck	29
2.4	Scores/Fragebögen.....	30
2.4.1	Visuelle Analogskala (VAS).....	30
2.4.2	Oswestry Disability Index (ODI).....	32
2.4.3	SF-36.....	33
2.5	Klinisch körperliche Untersuchung.....	35
2.5.1	Seitwärtsneigung.....	36
2.5.2	Seitwärtsdrehung.....	37
2.5.3	Ott-Zeichen der BWS	37
2.5.4	Schober-Zeichen der LWS	38
2.5.5	Finger-Boden-Abstand	38
2.6	Statistische Auswertung der Daten	40
3	Ergebnisse	41
3.1	Ergebnisse retrospektive Studie	41
3.1.1	Patientengut nach Recherche	41
3.1.2	Altersverteilung.....	42

3.1.3	Unfallmechanismen	43
3.1.4	Anzahl der Frakturen	45
3.1.5	Frakturlokalisierung	46
3.1.6	SI beim Unfall	48
3.1.7	Begleitverletzungen und Neurologie.....	48
3.1.8	Therapie	49
3.1.9	Kontrollen und Therapiezeitraum.....	49
3.1.10	SI bei letzter radiologischen Kontrolle.....	50
3.1.11	Beschwerden nach Therapieende	51
3.2	Ergebnisse der Follow-up Studie	52
3.2.1	Patientengut bei der Follow-up Studie.....	52
3.2.2	Altersverteilung.....	53
3.2.3	Unfallmechanismen	54
3.2.4	Anzahl der Frakturen und Verteilung	55
3.2.5	Frakturlokalisierung	57
3.2.6	SI beim Unfall	58
3.2.7	Begleitverletzungen und Neurologie.....	59
3.2.8	Therapie	59
3.2.9	Kontrollen und Therapiezeitraum.....	60
3.2.10	SI bei letzter radiologischen Kontrolle.....	60
3.2.11	Beschwerden nach Therapieende	60
3.2.12	SI bei Follow-up Untersuchung.....	61
3.2.13	Klinische Beschwerden bei Follow-up Untersuchung	64
3.3	Auswertung der Scores/Fragebögen.....	65
3.3.1	VAS	65
3.3.2	ODI.....	67
3.3.3	SF-36.....	69
3.4	Auswertung klinisch körperliche Untersuchung.....	71

3.4.1	Seitwärtsneigung.....	71
3.4.2	Seitwärtsdrehung.....	71
3.4.3	Ott-Zeichen.....	71
3.4.4	Schober-Zeichen	71
3.4.5	Finger-Boden-Abstand	72
4	Diskussion.....	73
4.1	Schlussfolgerung.....	79
5	Literaturverzeichnis	80
	Anhang – Scores/Fragebögen.....	84

Glossar und Abkürzungen

ca.	circa
BWS	Brustwirbelsäule
LWS	Lendenwirbelsäule
d.h.	das heißt
bzw.	beziehungsweise
AO	Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen
et al.	et alii, „und andere“
z.B.	zum Beispiel
evtl.	eventuell
a.-p.	anterior-posterior
CT	Computertomographie
MRT	Magnetresonanztomographie
SI	Sagittaler Index nach Beck
HVK	Höhe der Vorderkante des Wirbelkörpers
HHK	Höhe der Hinterkante des Wirbelkörpers
VAS	Visueller Analogscore
ODI	Oswestry Disability Index
mm	Millimeter
cm	Zentimeter
Abb.	Abbildung
FBA	Finger-Boden-Abstand
n	Anzahl
W	weiblich
M	männlich
m	Meter
BWK	Brustwirbelkörper
LWK	Lendenwirbelkörper
mttl.	mittlerer, mittlere, mittleres
vs.	versus

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Wirbelsäule von vorne und seitlich	3
Abbildung 2: Die 3 Ossifikationskerne eines Wirbels zum Zeitpunkt der Geburt....	5
Abbildung 3: Ringförmige Epiphyse eines Lendenwirbels. a Seitenansicht. b Aufsicht.	6
Abbildung 4: Typ A Kompressionsfraktur	9
Abbildung 5: Typ A1.1 Deckenplattenimpression	10
Abbildung 6: Typ A1.2.1 kranialer Keilbruch	11
Abbildung 7: Typ A1.3 Wirbelkörperimpression.....	12
Abbildung 8: Übersicht aller Typ B Distraktionsverletzungen	14
Abbildung 9: Übersicht aller Typ C Rotationsverletzungen	15
Abbildung 10: a.-p. und seitliche Röntgenaufnahme einer Kompressionsfraktur des 1. Lendenwirbels	17
Abbildung 11: 2 Kompressionsfrakturen der LWS. A seitliche Röntgenaufnahme. B CT.	18
Abbildung 12: MRT der Wirbelsäule mit einer Kompressionsfraktur des 7. und 8. Brustwirbels. a Übersichtsaufnahme. b BWS-Ausschnitt.	19
Abbildung 13: Vermessung eines konventionellen Röntgenbildes in seitlicher Projektion. a Höhe der Vorderkante. b Höhe der Hinterkante.	29
Abbildung 14: Seitwärtsneigung der Wirbelsäule	36
Abbildung 15: Seitwärtsdrehung der Wirbelsäule.....	37
Abbildung 16: Untersuchung der Wirbelsäulenbeweglichkeit: Schober- und Ott-Zeichen, Finger-Boden-Abstand (FBA).....	39
Abbildung 17: Einteilung aller Patienten in Altersgruppen.....	42
Abbildung 18: Prozentuelle Einteilung aller Patienten in Bezug auf die Unfallmechanismen.....	43
Abbildung 19: Häufigkeit der Frakturen aller Patienten bezogen auf ihre Lokalisation	46
Abbildung 20: Vergleich der Frakturen aller Patienten in Bezug auf Lokalisation und Geschlecht	47
Abbildung 21: Statistischer Vergleich des SI beim Unfall mit dem SI bei der letzten radiologischen Kontrolle; * $p < 0,05$	50
Abbildung 22: Einteilung der Follow-up Teilnehmer in Altersgruppen	53

Abbildung 23: Prozentuelle Einteilung der Follow-up Teilnehmer in Bezug auf die Unfallmechanismen.....	54
Abbildung 24: Häufigkeit der Frakturen der Follow-up Teilnehmer bezogen auf ihre Lokalisation	57
Abbildung 25: Vergleich der Frakturen der Follow-up Teilnehmer in Bezug auf die Lokalisation und das Geschlecht.....	58
Abbildung 26: Vergleich des SI zum Zeitpunkt des Unfalls, der Kontrolle und der Follow-up Untersuchung; * p < 0,05 vs. Unfall; # p < 0,05 vs. Kontrolle	61
Abbildung 27: Vergleich des SI vom Unfall und vom Follow-up mit und ohne Niedertherapie; * p < 0,05 vs. korrespondierendem SI Unfall	62
Abbildung 28: Vergleich des SI des Unfalls und des Follow-up mit den Altersgruppen < 12 Jahren und > 12 Jahren; * p < 0,05 vs. korrespondierendem SI Unfall; # p < 0,05 vs. SI Follow-up < 12 Jahren.....	63
Abbildung 29: Vergleich des SI vom Unfall und vom Follow-up mit Rückenschmerzen und ohne Rückenschmerzen; * p < 0,05 vs. korrespondierendem SI Unfall	64
Abbildung 30: Durchschnittliche Punkteverteilung des VAS (die rote Linie markiert den Mittelwert der erreichten Punktezahl aller Patienten)	65
Abbildung 31: Einteilung des VAS nach Schmerzgraden	66
Abbildung 32: Durchschnittliche Punkteverteilung des ODI (die rote Linie markiert den Mittelwert der erreichten Punktezahl aller Patienten)	67
Abbildung 33: Einteilung des ODI nach Einschränkungsgarden	68
Abbildung 34: Durchschnittliche Punkteverteilung der KÖGE (die rote Linie markiert den Mittelwert der erreichten Punktezahl aller Patienten)	69
Abbildung 35: Durchschnittliche Punkteverteilung der PSYG (die rote Linie markiert den Mittelwert der erreichten Punktezahl aller Patienten)	70
Abbildung 36: Übersicht des Finger-Boden-Abstands aller Patienten (die rote Linie markiert den Mittelwert der erreichten Punktezahl aller Patienten)	72

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Themengebiete des VAS	31
Tabelle 2: Funktionsgebiete des ODI	32
Tabelle 3: Übersichtstabelle der Unfallmechanismen aller Patienten im Detail	44
Tabelle 4: Übersicht der Begleitverletzungen aller Patienten	48
Tabelle 5: Übersichtstabelle der Unfallmechanismen der Follow-up Teilnehmer im Detail	55
Tabelle 6: Übersicht der Begleitverletzungen der Follow-up Teilnehmer	59
Tabelle 7: Übersichtstabelle der 4 Dimensionen der KÖGE.....	69
Tabelle 8: Übersichtstabelle der 4 Dimensionen der PSYG	70

1 Einleitung

1.1 Einführung

Im Kindes- und Jugendalter gehören Frakturen der Wirbelsäule zu den seltenen Verletzungen und kommen auf ca. 0,6 bis 5% aller Frakturen (1–5). Bei Erwachsenen machen sie ca. 1-2% aller Frakturen aus (6).

Die häufigsten Unfallmechanismen sind Verkehrsunfälle, Spiel- und Sportunfälle und Stürze auf die Wirbelsäule aus großer Höhe (3, 5, 7).

Frakturen der thorakolumbalen Wirbelsäule werden nach Magerl (8) klassifiziert, und man kann sie in Typ A, B oder C unterteilen (8). Im Kindes- und Jugendalter kommen Typ A Verletzungen zu mehr als Zweidrittel aller Fälle vor, wobei mehr als ein Drittel reine Kompressionsfrakturen vom Typ A1 darstellen (8, 9).

Als Therapieformen der Wirbelsäulenfrakturen kommen eine konservative oder eine operative Behandlung in Frage. Die Mehrheit der thorakolumbalen Wirbelfrakturen, die sich auch meistens neurologisch unauffällig zeigen, können jedoch konservativ behandelt werden (2, 3, 7, 10).

Ob eine reine Miederbehandlung bei stabilen Kompressionsfrakturen der Brustwirbelsäule (BWS) und/oder Lendenwirbelsäule (LWS) ohne neurologische Defizite als die optimale konservative Therapie der Wahl angesehen werden kann, ist in der Literatur nicht eindeutig bestätigt. Als Alternative zur Miedertherapie gibt es bei stabilen Frakturen die strikte Bettruhe mit adäquater Analgesie und Immobilisation oder sogar ein Gipsmieder.

Das Ziel dieser Arbeit war es herauszufinden, ob sich stabile Kompressionsfrakturen vom Typ A1 der thorakolumbalen Wirbelsäule bei Kindern und Jugendlichen im weiteren Verlauf unter konservativer Therapie selbständig wieder aufrichten können. Ergänzend wurde untersucht, ob die Miedertherapie einen Einfluss auf das Korrekturpotential nach Kompressionsfrakturen der thorakolumbalen Wirbelsäule hat.

1.2 Anatomie der Wirbelsäule

1.2.1 Aufgabe der Wirbelsäule

Die Wirbelsäule ist einerseits die Stütze des Rumpfes, andererseits hat sie die Aufgabe Bewegungen zu ermöglichen. Sie dient dem Rückenmark und den Nervenwurzeln gewissermaßen als mechanischer Schutz (11, 12).

1.2.2 Aufbau der Wirbelsäule

Die Wirbelsäule ist kein festes und starres Gebilde, sondern es handelt sich um eine Gliederkette, die passiv durch Bandverbindungen und aktiv von der Muskulatur unterstützt und stabilisiert wird, die auch die Bewegungen ausführt (11).

Es zeigt sich eine Doppel-S-Form, die elastische Eigenschaften aufweist. Die Wirbelsäule besteht aus 24 freien Wirbeln, den Vertebrae, mit den 23 Zwischenwirbelscheiben, den Disci intervertebrales. Weiter kann man sie in 7 Halswirbel, die Vertebrae cervicales, 12 Brustwirbel, die Vertebrae thoracales, und 5 Lendenwirbel, die Vertebrae lumbales, unterteilen. Mit dem 5. Lendenwirbel ist das Kreuzbein, das Os sacrum, beweglich verbunden, das aus 5 verschmolzenen Wirbeln und Zwischenwirbeln besteht. Im Anschluss folgt noch das Steißbein, das Os coccygis, das aus 3-6 verknöcherten Wirbelelementen gebildet wird und nur mehr als Rudiment einer Schwanzwirbelsäule übrig ist (11).

In Abbildung 1 sieht man eine Übersichtsaufnahme der Wirbelsäule von vorne und von seitlich (12).

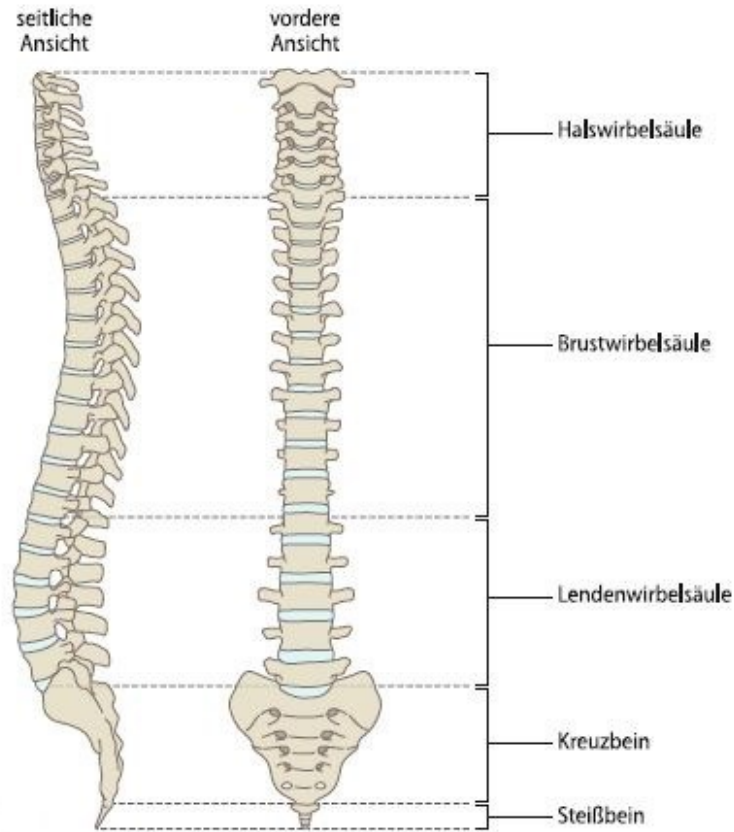


Abbildung 1: Wirbelsäule von vorne und seitlich

„Ein Wirbel besteht aus einem Wirbelkörper und einem Wirbelbogen. Der Wirbelkörper ist mechanisch fest und belastbar. Er hat eine dünne, kompakte Außenschicht und eine dichte innere Spongiosa (11).“ Die Grund- und Deckenplatte des Wirbelkörpers zeigt eine zentrale poröse Stelle, während die Randleisten aus festem Knochen bestehen. Wirbelkörper und Wirbelbogen umrahmen den Rückenmarkskanal. Die Wirbelknochen gehören von der Knochenform her zu den Ossa irregularia (11).

1.2.3 Thorakolumbale Wirbelsäule

Die thorakolumbale Wirbelsäule besteht aus 12 Brustwirbeln und 5 Lendenwirbeln, den dazwischen liegenden Bandscheiben und aus starken ventralen und dorsalen Ligamenten (9).

In der Brustwirbelsäule ist die Bewegung eingeschränkt und nach kaudal hin kommt es zu vermehrter mechanischer Belastung. Deshalb werden die Wirbel kaudalwärts immer größer und massiger. Von ventral gesehen sind die Brustwirbelkörper niedriger als von dorsal. Außerdem stehen die Brustwirbel mit den Rippen in Verbindung. In der BWS ist eine Kyphose vorhanden (11).

Die 5 Lendenwirbelkörper sind queroval, groß und kräftig. Die Lendenwirbelsäule ist mobiler, d.h. die LWS lässt Flexion, Extension, Seitwärtsneigung und –drehung zu, und ist mechanisch stärker druckbelastet, d.h. es wirken starke Scherkräfte in diesem Bereich. In der LWS zeigt sich auch eine starke Lordose (9, 11).

1.2.4 Wirbelsäule: Entwicklung und Wachstum

Frühembryonal in der 5. Entwicklungswoche entwickeln sich die Wirbelsäulenelemente aus den Sklerotomen, die sich von den mesodermalen Somiten abgliedern. Die Sklerotomen verschmelzen schließlich und zeigen eine axiale und paraxiale Mesenchymzone. Während beim paraxialen Mesenchym nur die kaudalen Sklerotomiten als Anlage für die Wirbelbögen dienen, bildet die axiale Mesenchymzone schließlich die Wirbelkörper (11, 13).

Zum Zeitpunkt der Geburt hat jeder Wirbel 3 Ossifikationskerne, wobei einer im Wirbelkörper und je einer im linken und rechten Teil des Wirbelbogens sitzt. Letztere verschmelzen ca. am Ende des 1. Lebensjahres dorsal miteinander. Weiter kommt es ca. zwischen dem 5. und dem 9. Lebensjahr zur Fusion des Wirbelkörpers mit dem Wirbelbogen (5, 13).

Abbildung 2 zeigt die 3 Ossifikationskerne eines Wirbels zum Zeitpunkt der Geburt (13), zwei befinden sich im Wirbelbogen und einer im Wirbelkörper.

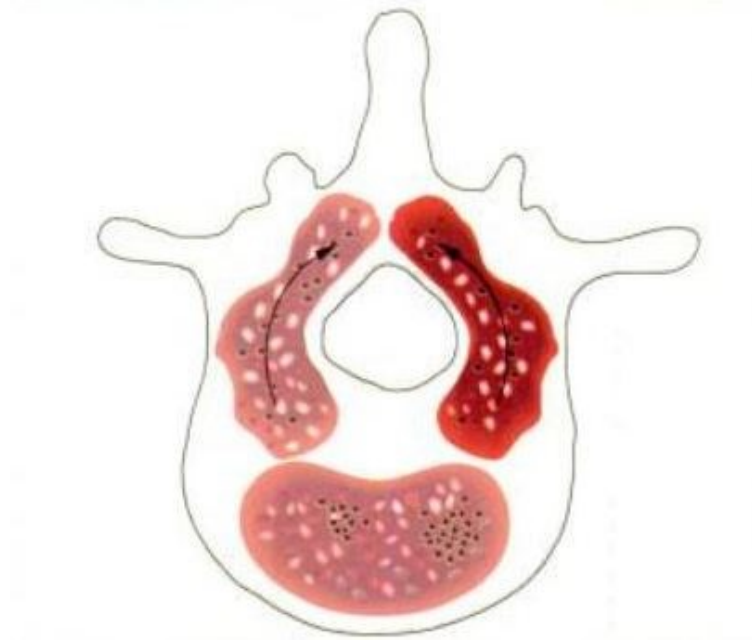


Abbildung 2: Die 3 Ossifikationskerne eines Wirbels zum Zeitpunkt der Geburt

Die Grund- und Deckplatte sind bei der Geburt noch knorpelig, werden aber beim älteren Kind peripher zunehmend immer dicker. Ungefähr ab dem 12. Lebensjahr verknöchern diese und bilden schließlich eine ringförmige Apophyse. Zur Entwicklung und zum Wachstum der Wirbelknochen tragen Apophysen bei. Die Apophysen der Wirbelkörper sind Apophyses anulares, sogenannte Randleisten. Diese verknöchern nicht enchondral, sondern direkt perichondral, d.h. es wird direkt von außen her Knochengewebe schichtweise ohne Zwischenstufen aus mesenchymalem Bindegewebe aufgetragen. Schließlich kommt es zu einer ringförmigen Verknöcherung der normalerweise knorpeligen Wirbelkörperperiphyse, die dann bis zum Wachstumsabschluss mit dem übrigen Wirbelkörper verschmilzt (11, 13). „In diesem Bereich bleibt zeitlebens ein hohes Wachstumspotential erhalten (11).“

Auf Abbildung 3 kann man die ringförmige Epiphyse eines Lendenwirbels in Seitenansicht und in Aufsicht erkennen (13).

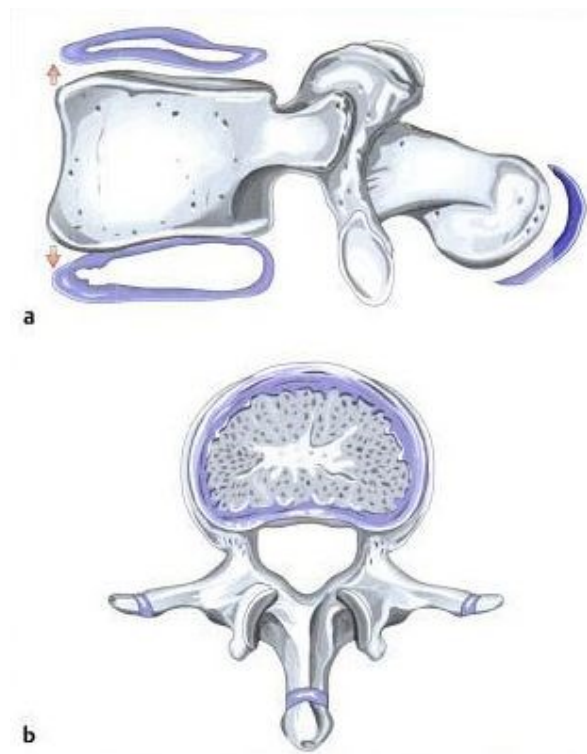


Abbildung 3: Ringförmige Epiphyse eines Lendenwirbels. a Seitenansicht. b Aufsicht.

Die normale Wirbelsäulenkrümmung wird erst in der Pubertät bzw. mit dem Wachstumsabschluss erreicht. Während in utero und beim Neugeborenen eine großbogige Kyphose besteht, kommt es erst im Kleinkindalter durch die körperliche Aufrichtung gegen die Schwerkraft zur beginnenden Formung der Wirbelsäulenkrümmung, wobei auch die Haltung durch Muskelkraft wichtig erscheint (11, 13).

Die Dynamik des Wirbelsäulenwachstums ist an den einzelnen Wachstumszonen sehr unterschiedlich. Das Höhenwachstum der Wirbelkörper erfolgt enchondral, das einerseits erst postpubertär abgeschlossen wird, beim männlichen Geschlecht überhaupt erst mit ca. Ende des 17. Lebensjahres, andererseits auch sehr sensibel auf Störungen reagiert, während das Tiefen- und Breitenwachstum perichondral erfolgt. Nach ventral ist dies am meisten zu beobachten. In der Wirbelsäule werden im Wachstumsalter Deformitäten durch traumatische Ereignisse in den benachbarten Wirbelsäulenabschnitten kompensatorisch ausgeglichen (14).

1.3 Frakturen der thorakolumbalen Wirbelsäule

Frakturen der Wirbelsäule sind selten und machen circa 1-2% aller Frakturen in allen Altersschichten aus (6). Auch im Kindes- und Jugendalter gehören Wirbelkörperfrakturen zu den selteneren Frakturen und kommen auf 0,6 bis 5% aller Frakturen (1–5). Im Wachstumsalter kommen Frakturen der Brust- und Lendenwirbelsäule häufiger vor als Frakturen der Halswirbelsäule (2, 3).

Der Altersgipfel liegt zwischen 9 und 14 Jahren, und das männliche Geschlecht ist häufiger betroffen (4, 7, 10).

1.3.1 Ätiologie

Im Kindesalter stehen Frakturen der Wirbelsäule hauptsächlich mit Spiel- und Sportunfällen, mit Verkehrsunfällen oder mit Stürzen aus großer Höhe auf den Rücken in Verbindung, während hingegen bis zum und im Jugendalter Sport- und Verkehrsunfälle dominieren (2, 3, 5, 7, 15–17). Bei den Sportunfällen dominieren Ski- und Snowboardunfälle, Unfälle beim Rodeln, gefolgt von Bade- und Tauchunfällen und auch Reit- und Turnunfällen (4, 18).

1.3.2 Lokalisation

Bei Kindern und Jugendlichen sind insgesamt Verletzungen der thorakolumbalen Wirbelsäule am häufigsten, wobei am häufigsten die Brustwirbelsäule, seltener die Lendenwirbelsäule, und nur in Ausnahmefällen die Halswirbelsäule betroffen ist. Die häufigsten Frakturen finden sich im Bereich der mittleren Brustwirbelsäule und am thorakolumbalen Übergang. Bei Kleinkindern findet man vor allem Traumen im mittleren Teil der Brustwirbelsäule, bei Adoleszenten hingegen eher im thorakolumbalen Bereich. Bei Erwachsenen dominieren Verletzungen an der

Halswirbelsäule und am thorakolumbalen Übergang, während Frakturen der Brustwirbelsäule selten vorkommen (4, 12, 18).

An der BWS kommt es häufig zu Serienkompressionsfrakturen von durchschnittlich drei angrenzenden Wirbeln. In manchen Fällen kommt es zu Frakturen mehrerer nicht aneinandergrenzender Wirbel, wobei dann unversehrte Wirbel ausgelassen werden (5, 19).

Der Verletzungsmechanismus hängt vom Alter des Patienten ab. Die Ursache dafür könnte die erhöhte Elastizität und Mobilität der Wirbelsäule bei Kindern und Jugendlichen sein, auch das niedrigere Körpergewicht könnte eine Rolle spielen (2, 12, 13, 16–18). Da die mittlere BWS von den Rippen eingerahmt ist, haben diese eine Art Schutzfunktion vor schweren Verletzungen. Daher beobachtet man in diesem Bereich häufig stabile Kompressionsfrakturen ohne Verletzung der dorsalen Strukturen. Erst ungefähr ab dem 14.-16. Lebensjahr erreicht die Wirbelsäule eine vergleichbare Stabilität wie im Erwachsenenalter (12, 20).

1.3.3 Klassifikation von Frakturen der thorakolumbalen Wirbelsäule

Die Einteilung von Wirbelsäulenfrakturen erfolgt nach der AO-Klassifikation nach Magerl et al. (1994) (8).

Eine Unterteilung erfolgt in A, B und C Frakturen:

- Typ A Verletzungen werden durch Kompressionskräfte verursacht.
- Typ B Verletzungen entstehen bei einwirkenden Distraktionskräften.
- Typ C Verletzungen treten bei Rotationskräften auf.

Typ A Verletzungen kommen in mehr als Zweidrittel aller Fälle vor, wobei mehr als ein Drittel reine Kompressionsfrakturen vom Typ A1 darstellen. Typ B und Typ C Verletzungen treten bis zu maximal einem Drittel aller Fälle auf. Stabile Typ A Frakturen ohne neurologische Defizite betreffen die meisten aller Fälle (8, 9).

Die Häufigkeit von Typ A Frakturen nimmt auch von kranial nach kaudal hin ab, wobei diese am häufigsten im thorakolumbalen Bereich vorkommen (8).

1.3.3.1 Typ A Verletzungen: Kompressionsverletzungen

Die für die vorliegende Studie relevante Gruppe sind die Typ A Verletzungen, genauer gesagt die Gruppe A1.

Typ A Verletzungen sind Kompressionsverletzungen. Diese Verletzungen werden durch axiale Kräfte bzw. Gewalteinwirkung oder durch Flexion verursacht und betreffen hauptsächlich die ventrale Säule des Wirbelkörpers, während die dorsale Säule des Wirbelkörpers mit dem dorsalen Bandapparat intakt bleibt. Es kommt daher zu einem Höhenverlust der Vorderkante des Wirbelkörpers und des Wirbelkörpers insgesamt (8, 9, 12).

Abbildung 4 zeigt eine Typ A Kompressionsfraktur der Wirbelsäule (8).

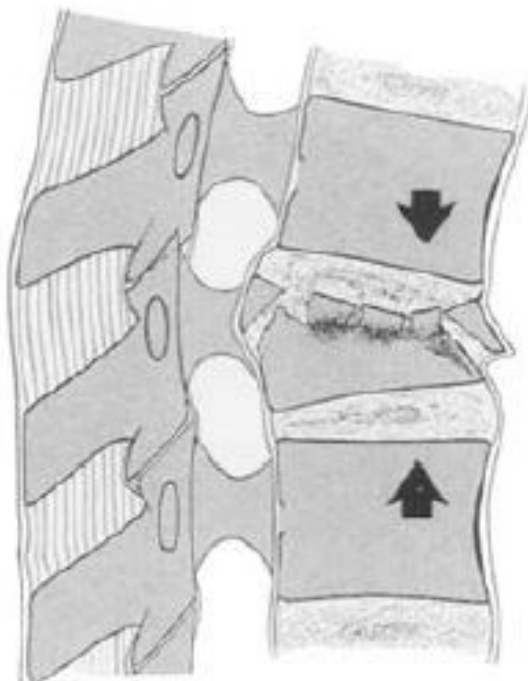


Abbildung 4: Typ A Kompressionsfraktur

1.3.3.1.1 Typ A1: Impressionsfrakturen

Die Deformierung des Wirbelkörpers entsteht durch Kompression desselben. Die Hinterkante bleibt intakt, es kommt lediglich zu einer geringfügigen Keilwirbelbildung, der Spinalkanal wird bei Typ A1 Frakturen nicht eingengt. Diese Verletzung gehört zu den stabilen Frakturen und führt daher auch nicht zu neurologischen Defiziten (8).

1.3.3.1.1.1 Typ A1.1 Deckenplattenimpression

Da die Deckenplatten oft die Form von Sanduhren besitzen, sind bis zu 5 Grad Abweichung möglich und tolerierbar. Bei der Deckenplattenimpression bleibt die Hinterkante des Wirbelkörpers intakt. Diese Verletzung wird oft bei Kinder und Jugendlichen gesehen (8).

In Abbildung 5 kann man eine Typ A1.1 Deckenplattenimpression eines Wirbelkörpers an der Einstauchung der Deckenplatte erkennen (8).

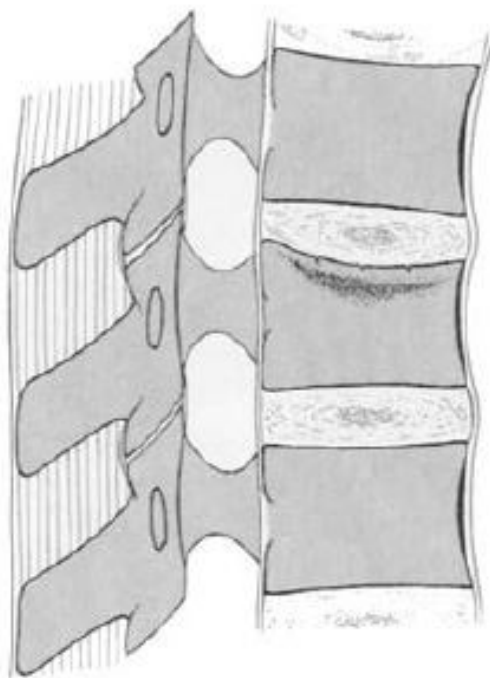


Abbildung 5: Typ A1.1 Deckenplattenimpression

1.3.3.1.1.2 Typ A1.2 Keilbruch

Bei Keilbrüchen des Wirbelkörpers wird meist eine Höhenminderung der Vorderkante um mehr als 5 Grad beobachtet, die Hinterkante des Wirbelkörpers bleibt intakt. Die Höhenminderung kann durch einen kranialen, einen kaudalen oder einen seitlichen Keilbruch entstehen (8).

Eine weitere Unterteilung erfolgt in:

- A1.2.1 kranialer Keilbruch
- A1.2.2 seitlicher Keilbruch
- A1.2.3 kaudaler Keilbruch

Abbildung 6 zeigt einen kranialen Keilbruch (Typ A1.2.1) eines Wirbelkörpers mit Höhenminderung der Vorderkante (8).

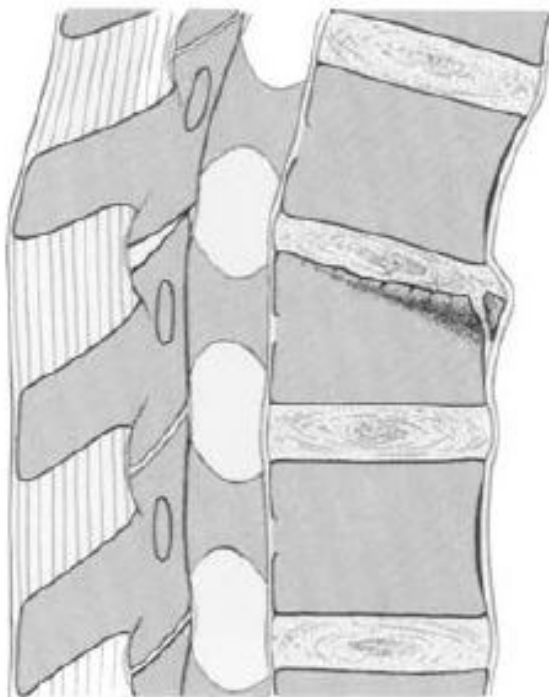


Abbildung 6: Typ A1.2.1 kranialer Keilbruch

1.3.3.1.1.3 Typ A1.3 Wirbelkörperimpression

Diese Verletzung wird hauptsächlich bei Osteoporose der Wirbelkörper festgestellt. Es kommt zu einem symmetrischen Höhenverlust des Wirbels, mit gleichzeitig auftretender Grund- und Deckenplattenimpression wird der Wirbelkörper schließlich auch Fischwirbel genannt. In der Regel ist der Spinalkanal nicht mitbetroffen und wird auch nicht durch Fragmente eingeeengt (8).

In Abbildung 7 sieht man eine Typ A1.3 Wirbelkörperimpression mit gleichzeitiger Grund- und Deckenplattenimpression (8).

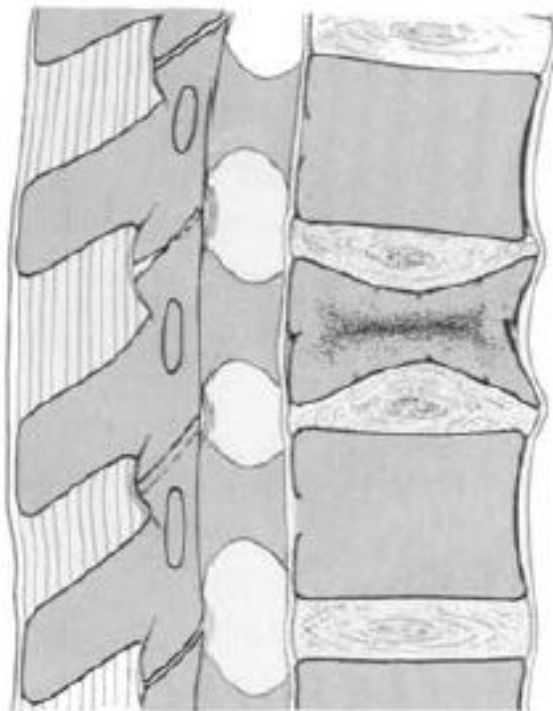


Abbildung 7: Typ A1.3 Wirbelkörperimpression

1.3.3.1.2 Typ A2 Spaltbrüche

Bei Spaltbrüchen kommt es zu einer Spaltbildung in der Sagittal- oder Frontalebene mit Verschiebung einzelner Fragmente. Neurologische Defizite sind

hier unwahrscheinlich. Spaltbrüche beschränken sich auf die vordere Säule des Wirbels (8).

Die Subgruppen lauten:

- A2.1 sagittaler Spaltbruch
- A2.2 frontaler Spaltbruch
- A2.3 dislozierter frontaler Spaltbruch bzw. Kneifzangenfraktur

1.3.3.1.3 Typ A3 Berstungsbrüche

Bei Berstungsbrüchen kommt es zu einer Zertrümmerung des Wirbelkörpers mit Beteiligung der Hinterkante bei intakt bleibendem dorsalen Bandapparat. Diese Fraktur ist oft instabil und führt auch zu neurologischen Symptomen durch komprimierende Frakturfragmente, die mit Anteilen der Bandscheibe in den Rückenmarkskanal reichen können (8).

Typ A3 Frakturen können eingeteilt werden in:

- A3.1 inkompletter Berstungsbruch
 - A3.1.1 kranialer inkompletter Berstungsbruch
 - A3.1.2 seitlicher inkompletter Berstungsbruch
 - A3.1.3 kaudaler inkompletter Berstungsbruch
- A3.2 Berstungsspaltbruch
 - A3.2.1 kranialer Berstungsspaltbruch
 - A3.2.2 seitlicher Berstungsspaltbruch
 - A3.2.3 kaudaler Berstungsspaltbruch
- A3.3 kompletter Berstungsbruch
 - A3.3.1 Kneifzangenberstungsbruch
 - A3.3.2 kompletter Flexionsberstungsbruch
 - A3.3.3 kompletter axialer Berstungsbruch

1.3.3.2 Typ B Verletzungen: Distraktionsverletzungen

Typ B Verletzungen werden auch Distraktionsverletzungen genannt. Bei Typ B Verletzungen kommt es zur Verletzung der vorderen und/oder hinteren Wirbelelemente mit Distraktion durch Hyperflexion oder -extension und daher zur Zerreißung der vorderen und/oder hinteren Elemente des Bewegungssegmentes (8, 12).

Abbildung 8 verdeutlicht eine Übersicht und Auflistung aller Typ B Distraktionsverletzungen (21).

Typ B: Distraktionsverletzungen			
	B 1 dorsale überwiegend ligamentäre Zerreißung (Flexionsdistraktion)	B 1.1 mit querer Ruptur der Bandscheibe 1 Flexionssubluxation 2 vordere Luxation 3 Flexionssubluxation oder vordere Luxation mit Fraktur der Gelenkfortsätze	B 1.2 mit Typ-A-Fraktur 1 Flexionssubluxation 2 vordere Luxation 3 Flexionssubluxation oder vordere Luxation mit Fraktur der Gelenkfortsätze
	B 3 ventrale Zerreißung durch die Bandscheibe (Hyperextensionscherverletzung)	B 3.1 Hyperextensionssubluxation 1 ohne Verletzung der hinteren Säule 2 mit Verletzung der hinteren Säule B 3.2 Hyperextensionsspondylolyse B 3.3 hintere Luxation	

Abbildung 8: Übersicht aller Typ B Distraktionsverletzungen

1.3.3.3 Typ C Verletzungen: Rotationsverletzungen

Typ C Verletzungen werden auch Rotationsverletzungen genannt und zählen zu den schwersten Wirbelsäulenverletzungen. Bei Typ C Verletzungen kommt es zur Verletzung der vorderen und/oder hinteren Wirbelelemente mit Rotation. Dieser Typ kann in Kombination mit Typ A Verletzungen mit zusätzlicher Rotation auftreten oder in Kombination mit Typ B Verletzungen mit Rotations- und Scherfrakturen. Typ C Verletzungen sind meistens instabil und zeigen eine hohe Rate an neurologischen Komplikationen (8, 12).

Abbildung 9 zeigt eine Übersicht aller Typ C Rotationsverletzungen (21).

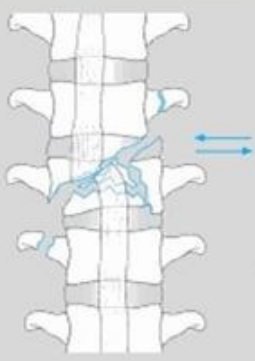
Typ C: Verletzungen vorderer und hinterer Wirbelelemente mit Rotation (Rotationsverletzungen)			
	C 1	Typ-A-Verletzungen mit Rotation	C 1.1 Rotationskeilbruch
			C 1.2 Rotationspaltbruch
			1 sagittal
			2 frontal
			3 Rotationskneifzangenbruch
			4 Wirbelkörperseparation
			C 1.3 Rotationsberstungsbruch
			1 inkomplett
			2 Rotationsberstungspaltbruch
			3 komplett
	C 2	Typ-B-Verletzungen mit Rotation	C 2.1 Typ-B-1-(Flexions-/Distractions-)Verletzungen mit Rotation
			1 Rotationsflexionssubluxation (RFS)
			2 RFS mit einseitigem Gelenkfortsatzbruch
			3 einseitige Luxation
			4 vordere Rotationsluxation ohne/mit Gelenkfortsatzbruch
			5 vordere Rotationssubluxation ohne/mit einseitigem Gelenkfortsatzbruch mit Typ-A-Fraktur
			6 einseitige Luxation mit Typ-A-Fraktur
			7 vordere Rotationsluxation ohne/mit Gelenkfortsatzbruch mit Typ-A-Fraktur
			C 2.2 Typ-B-2-(Flexions-/Distractions-)Verletzungen mit Rotation
			1 horizontale Ruptur des Wirbelkörpers mit Rotation
			2 einseitige Rotationsflexionsspondylyse mit Ruptur der Bandscheibe
			3 einseitige Rotationsflexionsspondylyse mit Typ-A-Fraktur
			C 2.3 Typ-B-3-(Hyperextensionsscher-)Verletzungen mit Rotation
			1 Hyperextensionssubluxation ohne/mit Fraktur hinterer Wirbelfragmente
			2 einseitige Hyperextensionsspondylyse
			3 hintere Rotationsluxation
	C 3	Rotationsscherbrüche	C 3.1 Slice-Fraktur (Holdsworth)
			C 3.2 Rotationsschrägbruch

Abbildung 9: Übersicht aller Typ C Rotationsverletzungen

1.3.4 Klinik

Abhängig vom Frakturtyp können folgende Symptome vorliegen (6, 12):

- Schmerzen (lokal, bewegungsabhängig, ausstrahlend)
- medulläre Symptome mit inkomplettem oder komplettem Querschnitt
- radikuläre Symptomatik
- spinaler Schock
- spezifische Symptome der Begleitverletzungen

Die Instabilität und damit auch die Gefahr von neurologischen Auffälligkeiten nehmen von Typ A bis Typ C zu (8).

1.3.5 Diagnostik

Die Unfallanamnese ist von großer Bedeutung, um vorweg schon die Folgen der Verletzung der Wirbelsäule einschränken zu können (5, 6).

Eine klinische und eine genaue neurologische Untersuchung sind obligat und sollen Aufschluss über die Schwere der Verletzung liefern (6).

Folgendes sollte abgeklärt werden (6):

- Schmerzen
- Bewegungseinschränkung
- äußere Verletzungszeichen, wie z.B. Hämatome und Schürfmacken
- intrathorakale und/oder abdominelle Organverletzungen
- die Höhenlokalisierung der Fraktur
- medulläre oder radikuläre Symptomatik
- evtl. vorliegende Begleitverletzungen

Zur Standarddiagnostik gehört eine native Röntgenaufnahme des verletzten Bereiches der thorakolumbalen Wirbelsäule in zwei Ebenen, im a.-p. und im seitlichen Strahlengang (3, 4, 12, 18). Die a.-p. Aufnahme zeigt einen eventuellen Höhenverlust des Wirbelkörpers im Vergleich zu anderen Wirbeln, während die seitliche Aufnahme Verletzungen der ventralen oder dorsalen Säule verdeutlichen kann (9).

Abbildung 10 zeigt eine konventionelle Röntgenaufnahme einer Kompressionsfraktur des 1. Lendenwirbels in a.-p. und seitlicher Projektion (Markierung der Kompressionsfrakturen durch die Pfeile) (6).

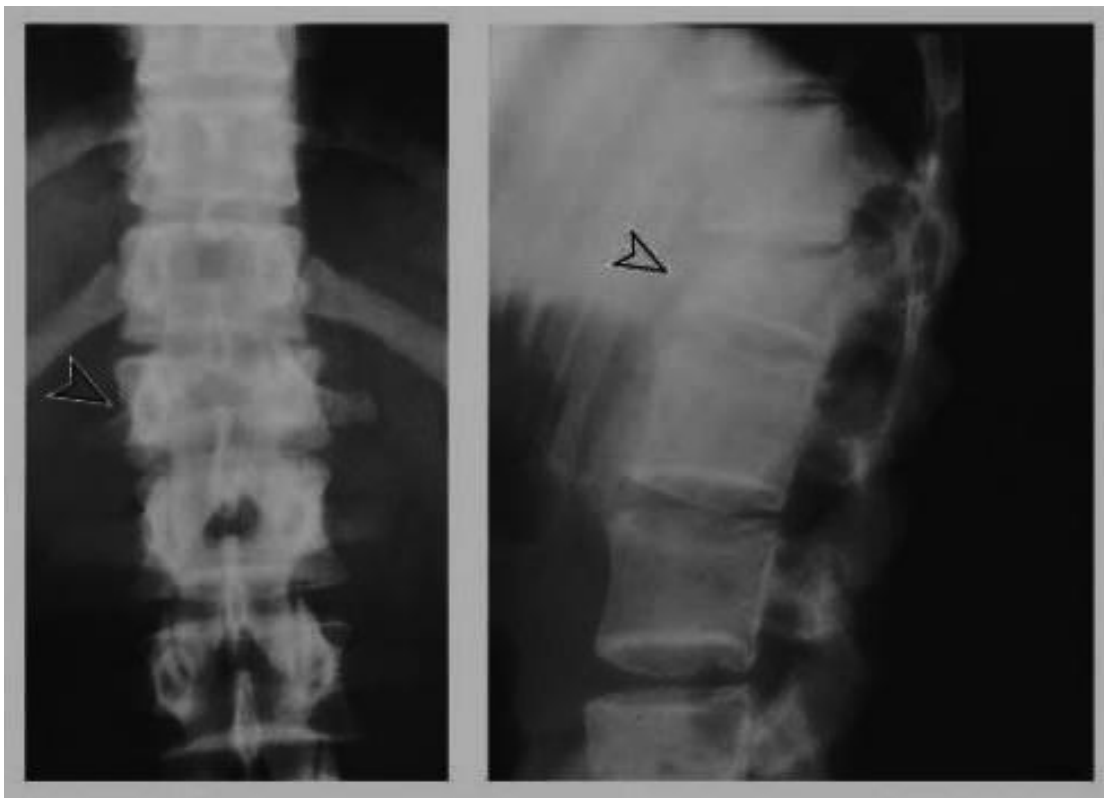


Abbildung 10: a.-p. und seitliche Röntgenaufnahme einer Kompressionsfraktur des 1. Lendenwirbels

Eine Computertomographie kann eine exakte knöcherner Darstellung der zerstörten Wirbelanteile liefern. Obligat ist sie bei instabilen Frakturen, aber auch bei unklarem Röntgenbefund bei entsprechender Klinik, bei schwerem Schädelhirntrauma und beim Polytrauma. Man kann hiermit auch die Weite des Spinalkanals als auch eingesprengte Knochenfragmente ermitteln. Das CT wird auch wegen einer eventuellen Operationsindikationsstellung und -planung herangezogen (4, 6, 9, 12).

Abbildung 11 veranschaulicht den Unterschied zweier Kompressionsfrakturen der LWS in der Aufnahmetechnik, links gezeigt durch eine seitliche Röntgen- und rechts gezeigt durch eine CT-Aufnahme (Markierung der Kompressionsfrakturen durch die Pfeile) (9).



Abbildung 11: 2 Kompressionsfrakturen der LWS. A seitliche Röntgenaufnahme. B CT.

Eine Magnetresonanztomographie zeigt hingegen eher bestehende Verletzungen des Rückenmarks und der Spinalnerven, des Bandapparates und der Bandscheiben und auch des Knochens an. Das MRT gehört aber noch nicht zur Basisdiagnostik, sollte jedoch bei neurologischen Veränderungen ohne radiologische Läsion herangezogen werden (4, 6, 15, 18, 22–24). Laut den Studien von Sledge et al. (2001) (24) und Kerlake et al. (1991) (22) gehört das MRT zur Diagnostik der Wahl bei neurologischen Defiziten.

Abbildung 12 zeigt ein MRT der Wirbelsäule mit einer Kompressionsfraktur des 7. und 8. Brustwirbels (25), das zunächst in einer Übersichtsaufnahme der kompletten Wirbelsäule und schließlich als BWS-Ausschnitt durch Vergrößerung des betroffenen Areals vorliegt (Markierung der Kompressionsfrakturen durch die Pfeile).

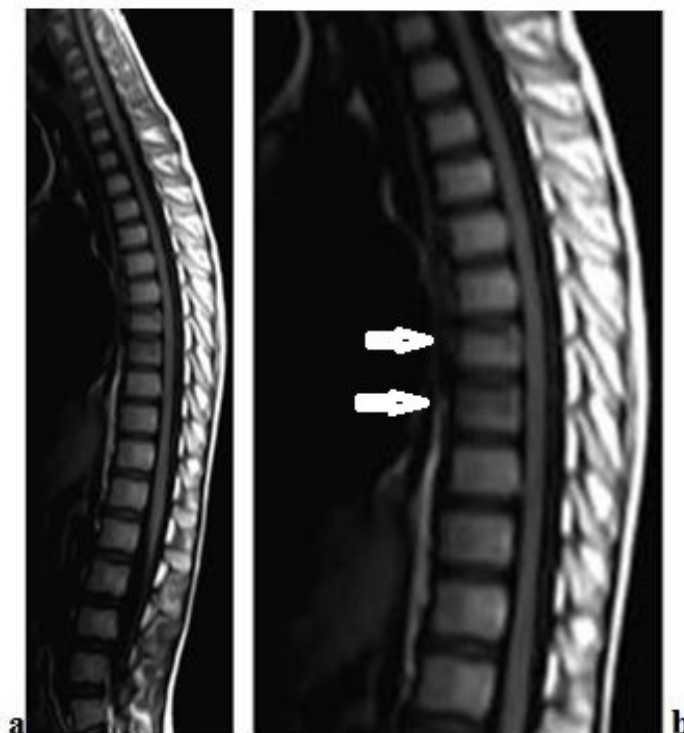


Abbildung 12: MRT der Wirbelsäule mit einer Kompressionsfraktur des 7. und 8. Brustwirbels. a Übersichtsaufnahme. b BWS-Ausschnitt.

1.3.6 Therapie

Primär ist das Ziel der Behandlung kindlicher Wirbelfrakturen die Wiederherstellung der Stabilität der Wirbelsäule und der anatomischen Verhältnisse (9, 12). Die Mehrheit der thorakolumbalen Wirbelfrakturen ist stabil und kann konservativ behandelt werden (2, 3, 7, 10). Bei Adoleszenten ähnelt die Therapie die der Erwachsenen (2, 4, 12).

Generell können die Frakturen in stabil und instabil unterteilt werden. Während stabile Frakturen meist konservativ behandelt werden können, bedürfen instabile Frakturen einer operativen Therapie, um weitere Schäden und neurologische Läsionen zu vermeiden (9, 12).

Insgesamt kommt es bei ca. 25% von polytraumatisierten Patienten zu operationspflichtigen BWS- und/oder LWS-Frakturen (6).

1.3.6.1 Konservative Therapie

Stabile Frakturen der Brust- und Lendenwirbelsäule, die neurologisch unauffällig sind, können konservativ behandelt werden (2, 3, 7).

Bei stabilen isolierten und leicht instabilen Kompressionsfrakturen ohne neurologische Defizite gibt es verschiedene Möglichkeiten, eine konservative Behandlung durchzuführen (4, 7, 19, 26).

Es gibt die konservative Therapie nach Böhler, die zunächst eine Frakturreinrichtung im Durchhang unter Längszug anstrebt. Anschließend wird die Fraktur mit einem Gipsmieder für mindestens 12 bis maximal 20 Wochen ruhiggestellt, gefolgt von einer Bewegungstherapie nach Abnahme des Gipsmieders. Es wird in diesem Fall eine Schmerzlinderung durch Immobilisation der Wirbelsäule angestrebt. Als Ziele dieser Therapiemöglichkeit gelten, eine Verschlechterung der Fraktur zu verhindern, eine Druckentlastung der Wachstumszone zu erreichen und das ventrale Wirbelwachstum wieder zu stimulieren (4, 7, 19, 26). Diese Therapieoption wird heute nur noch selten angewandt.

Weiter gibt es die konservative Behandlung nach Magnus, die eine Wirbelfraktur funktionell mit Bettruhe, Analgesie und Physiotherapie bis zur Vollmobilisierung behandelt. Im Anschluss des stationären Aufenthaltes wird eine ambulante Physiotherapie angeboten und 3-monatige Sportkarenz empfohlen. Man kann ein 3-Punkt-Mieder zur Unterstützung der Lordosierung heranziehen. Diese Therapieoption wird heute häufiger verwendet als die von Böhler (4, 7, 19, 26).

Sobald eine stärkere, aber stabile Kompressionsfraktur der Vorderkante oder des seitlichen Wirbelkörpers ohne Mitbeteiligung der Hinterkante oder der dorsalen Säule vorliegt oder aber auch mehrere Wirbel gleichzeitig und stabil frakturiert sind, kann man gleich mit einer mindestens 6-wöchigen Miedertherapie zur Redression und Ruhigstellung beginnen. Es wird auch in diesem Fall eine Schmerzlinderung, ein Nachsintern der Fraktur, eine Druckentlastung der Wachstumszone und eine Stimulation des ventralen Wirbelwachstums angestrebt (4, 7, 19).

In der Literatur wird die konservative Therapie mit guten Ergebnissen bedacht (10). Parisini et al. (2002) (27) beschreiben in ihrer Langzeitstudie, dass alle stabilen Frakturen mit konservativer Behandlung schließlich gute radiologische Ergebnisse ohne Deformierung zeigten.

Es unterliegt noch immer dem Chirurgen selbst, welche Behandlungsoption als richtig erachtet wird. Darüber wird in den Expertenkreisen auch diskutiert, da es nur wenige vergleichbare Studien über die Langzeitergebnisse verschiedener konservativer Therapieoptionen gibt (26), und man auch nicht genau sagen kann, ob eine sofortige Miedertherapie besser ist als eine konservative Therapie nach Magnus oder nach Böhler.

1.3.6.2 Operative Therapie

Ziele der operativen Therapie bei Wirbelsäulenfrakturen sind die anatomische Wiederherstellung und die Funktionen der Wirbelsäule wiederherzustellen bzw. zu erhalten. Außerdem sollte auch eine funktionelle Wiederherstellung der Beweglichkeit und der Kraftübertragung angestrebt werden. Und schließlich

sollten auch alle Voraussetzungen für die Heilung und Rehabilitation von verletzten Strukturen geschaffen werden (12).

Instabile Frakturen der Brust- und Lendenwirbelsäule, akute neurologische Läsionen bzw. Ausfälle, sowie B1, B2 und C Frakturen bei Kindern unter 12 Jahren oder Keilwinkel über 40 Grad werden operativ saniert. Ältere Kinder und Adoleszente sollten bei instabilen thorakalen Wirbelsäulenfrakturen operiert werden (9, 12). Die Tendenz zur Operation steigt mit dem Alter an (4).

Zur osteosynthetischen Versorgung werden isoliert ventrale, isoliert dorsale und auch dorsoventrale Instrumentierungen verwendet (12). Frakturen der BWS und LWS können damit wieder effizient aufgerichtet werden (18).

Als Vorteile einer Operation sind frühzeitige Schmerzlinderung, zeitige Mobilisierung und damit verbundene frühere Entlassung zu erwähnen (12). Laut Hadley et al. (1992) (17) ist die Prognose von Wirbelfrakturen nach operativer Versorgung gut.

1.3.7 Prognose

Bei Kindern besteht eine geringere Wahrscheinlichkeit eine Wirbelsäulenverletzung zu erleiden als bei Erwachsenen. Jedoch ist die Gefahr sich eine neurologische Läsion zuzuziehen bei Kindern größer als bei Erwachsenen. Die Erholungschance ist hingegen bei Kindern wiederum höher. Die Gesamtheit von thorakolumbalen Wirbelsäulenverletzungen hat eine gute Prognose. Instabile Frakturen können in vielen Fällen jedoch zu neurologischen Störungen führen (16, 17).

„Bei reinen Kompressionsfrakturen vom Typ A ist die Wachstumszone meist nicht betroffen. Ob sich reine Keilwirbel wieder aufrichten, hängt auch vom entstehenden Druck ab. Ist dieser nicht allzu groß, so kommt es je nach vorhandenem Wachstumspotential zum Wiederaufrichten des Keilwirbels (28).“

Keilwirbel mit einem Keilwinkel unter 10 Grad richten sich eher spontan wieder auf als über 10 Grad. Diese benötigen meist eine unterstützende Therapie (Mieder,

Gipsmieder, Operation) zur Korrektur. Bei Kindern unter 10 Jahren wird ein ausgeprägtes Remodelling bei über 50% Höhenminderung beschrieben (4, 19). Prinzipiell hängt die Spontankorrektur von komprimierten Wirbelkörpern vom Wirbelsäulenrestwachstum ab (4). Pouliquen et al. (19) beschreiben auch ein gewisses Remodellierungspotential von Kompressionsfrakturen bei Kindern und Jugendlichen in ihrer Langzeitstudie.

„Die Kompensationsfähigkeit der Wirbelsäule ist groß. BWS-Frakturen haben trotz der oft erheblichen Keilwirbelform ein klinisch gutes Ausheilungsergebnis. An der LWS sind funktionelle Beeinträchtigungen häufiger (6).“

Laut Schinkels und Muhr (2005) (5) ist eine gewisse Korrektur an den Wirbelkörpern vor allem in der sagittalen Ebene zu beobachten.

1.4 Zielsetzung

„Bei reinen Kompressionsfrakturen vom Typ A ist die Wachstumszone meist nicht betroffen (28).“ Daraus sollte resultieren, dass es durch Wachstum im Kindes- und Jugendalter zu einem Remodelling bzw. Auswachsen und Ausheilung von Kompressionsfrakturen kommen sollte.

Das Ziel dieser vorliegenden Arbeit ist es, das Langzeitergebnis von Kindern und Jugendlichen mit stabilen Typ A1 Kompressionsfrakturen zu erfassen und zu beschreiben. Es soll im speziellen die Frage beantwortet werden, ob bei Wirbelkörperkompressionsfrakturen ein Remodellierungspotential vorhanden ist oder nicht. Es wurde auch das Langzeitergebnis von Miederbehandlungen im Vergleich zu anderen konservativen Behandlungsmöglichkeiten betrachtet. Einerseits wurde evaluiert, ob mit der Miedertherapie ein anderes Remodellierungsergebnis als mit anderen konservativen Therapien zu erwarten wäre oder nicht, andererseits auch ob damit die Miedertherapie als Therapie der Wahl bei der konservativen Behandlung angesehen werden kann oder nicht.

2 Material und Methoden

2.1 Patienten

Nach erfolgter Bewilligung durch die Ethikkommission der Medizinischen Universität Graz (EK-Nr.: 25-278 ex 12/13) wurden alle Patienten, die zwischen 2000 und 2011 eine stabile Kompressionsfraktur der Brust- und/oder Lendenwirbelsäule erlitten hatten und rein konservativ behandelt worden waren, retrospektiv analysiert.

Es wurden die elektronischen Krankenakten von MEDOCS dazu verwendet, um folgende Patientendaten herauszufiltern, in Excel-Tabellen aufzulisten und zu analysieren:

- Basisdaten: Patientennummer, Geschlecht, Geburtsdatum
- Unfallrelevante Daten: Unfalldatum, Alter bei Unfall, Unfallmechanismus, Begleitverletzungen, Lokalisation der Fraktur, Anzahl frakturierter Wirbel
- Radiologische Auswertung von Röntgen/CT/MRT: Sagittaler Index (SI) nach Beck (29)
- Angaben zur Therapieauswahl: ambulant/stationär, Dauer der stationären Behandlung, konservative Therapie mit Bettruhe oder Miedertherapie
- Verlaufskontrollen: Anzahl klinischer und radiologischer Kontrollen, Datum der letzten radiologischen und letzten klinischen Kontrolle, Auswertung des SI nach Beck (29) der letzten radiologischen Aufnahme, Gesamtdauer der Behandlung, Klinik bei letzter Kontrolle

Die Einschlusskriterien für die retrospektive Studie waren:

- Höchstalter 19 Jahre bei Unfallzeitpunkt
- beide Geschlechter
- Typ A1 Fraktur der BWS und/oder LWS mit ventraler Höhenminderung
- konservative Therapie
- mindestens eine weitere radiologische Bildgebung im Verlauf des Therapiezeitraums

Alle Patienten wurden dann für eine klinische und radiologische Nachuntersuchung per Post, per Mail oder telefonisch eingeladen.

2.2 Follow-up Untersuchung

Die Patienten, die auf die Einladung per Post, per Mail oder telefonisch geantwortet und der Teilnahme an der Nachuntersuchung zugestimmt hatten, wurden nach Terminvereinbarung zur ambulanten Follow-up Untersuchung erwartet.

Bei einem kurzen einleitenden Gespräch wurden die Ziele der Studie und der Ablauf der Nachuntersuchung, die ein Gespräch, eine Röntgenaufnahme, eine klinisch körperliche Untersuchung und eine Evaluierung mittels dreier Scores/Fragebögen beinhalteten, erklärt. Die Patienten bzw. die Eltern mussten eine Zustimmungserklärung unterzeichnen.

Folgende Punkte wurden zunächst angesprochen:

- die aktuelle Klinik bzw. das derzeitige Wohlbefinden
- aufgetretene Beschwerden seit dem Therapieende in Ruhe und/oder belastungs-/bewegungsabhängig
- zusätzlich optional durchgeführte Therapien, wie z.B. Physiotherapie oder Muskelaufbauübungen
- Beeinflussung der Lebensqualität seit dem Therapieende

Im Anschluss wurde eine radiologische Untersuchung mittels einer Röntgenaufnahme in 2 Ebenen, im a.-p. und seitlichen Strahlengang, des vormals betroffenen Areals der BWS und/oder LWS durchgeführt.

Vor und nach dem Röntgen sollten die Patienten alleine oder mithilfe ihrer Eltern drei Scores bzw. Fragebögen (VAS, ODI, SF-36) durchlesen und ausfüllen, um gewisse Auskünfte über den Alltag, die Lebensqualität und die Rückenschmerzen betreffend zu erhalten.

Bevor die Patienten wieder nach Hause entlassen wurden, wurde einerseits noch eine klinisch körperliche Untersuchung durchgeführt, die die Seitwärtsneigung und -drehung, den Finger-Boden-Abstand, sowie das Ott- und Schober-Zeichen beinhaltet hatte, und andererseits den Patienten und Eltern noch die aktuelle Röntgenaufnahme gezeigt. Darauf wurde die Fraktur am Bildschirm aufgesucht,

markiert und Veränderungen zur letzten vorhergehenden radiologischen Aufnahme verglichen. Im Anschluss konnten die Patienten nach einer ca. 30-45 minutigen Follow-up Untersuchung nach Hause entlassen werden.

Folgende Parameter wurden aus der Follow-up Untersuchung in die Excel-Tabellen aufgenommen und analysiert:

- Datum der Nachuntersuchung
- Zeitspanne seit Therapieende
- Alter bei Follow-up Untersuchung
- Aktuelle Klinik bei Follow-up Untersuchung
- Auswertung des SI nach Beck (29) der Röntgenaufnahme bei der Nachuntersuchung
- Vergleich des aktuellen SI nach Beck (29) mit dem SI zum Zeitpunkt des Unfalls und dem SI der letzten radiologischen Kontrolle

2.3 Sagittaler Index nach Beck

Der sagittale Index (SI) nach Beck (29) beschreibt „den Quotienten aus der Höhe der Vorderkante und der Höhe der Hinterkante eines Wirbelkörpers und ist ein Maß für die Keildeformität des verletzten Wirbels.“

Abbildung 13 zeigt die Vermessung des SI nach Beck (29) auf einem konventionellen Röntgenbild (30), das in seitlicher Aufnahme vorliegt, wobei a die Höhe der Vorderkante (HVK) und b die Höhe der Hinterkante (HHK) des Wirbelkörpers beschreibt. Man misst zunächst die HVK und HHK in Millimeter (mm) ab und berechnet dann den SI nach Beck (29) nach folgender Gleichung:

$$SI = a/b = HVK/HHK$$

Der Quotient aus a dividiert durch b bzw. aus HVK dividiert durch HHK ergibt den SI nach Beck (29).

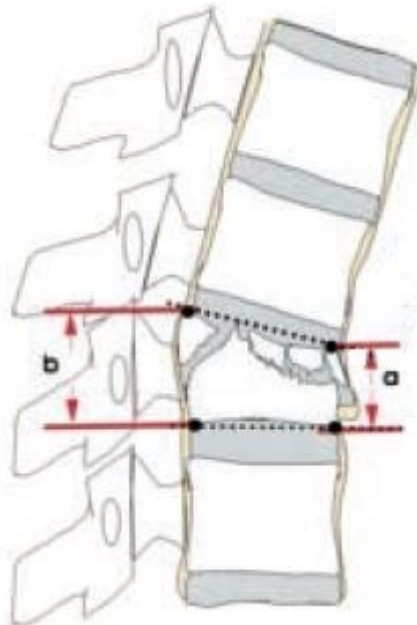


Abbildung 13: Vermessung eines konventionellen Röntgenbildes in seitlicher Projektion. a Höhe der Vorderkante. b Höhe der Hinterkante.

2.4 Scores/Fragebögen

Es wurden drei Scores bzw. Fragebögen bei der Follow-up Untersuchung verwendet (siehe Anhang):

- Visuelle Analogskala (VAS)
- Oswestry Disability Index (ODI)
- SF-36

2.4.1 Visuelle Analogskala (VAS)

Die Visuelle Analogskala basiert auf dem VAS-Wirbelsäulenscore und dient zur Abfrage von Rückenschmerzen und Funktionsbeeinträchtigung der Wirbelsäule. Der VAS wird sehr häufig genutzt, um die Schmerzintensität zu messen (31). Sie wird allgemein auch numerische Ratingskala genannt (32). Da der VAS-Wirbelsäulenscore eine hohe Validität und Reliabilität zeigt, kann man mit ihm eine gute subjektive Bewertung der Wirbelsäulenfunktion erzielen (33).

Bei Kindern werden häufig Smiley-Skalen verwendet, weil diese leichter verständlich erscheinen. Ein lachendes Gesicht steht für keine Schmerzen, während das weinende Gesicht für sehr starke Rückenschmerzen steht (34).

Mittels 19 Fragen wird der Patient abgefragt, ob Rückenschmerzen bestehen, und wie intensiv diese bei verschiedenen alltäglichen Aktivitäten sind (33, 34).

In Tabelle 1 sind die Themengebiete des VAS in Bezug auf Rückenschmerzen aufgelistet (33, 34):

• Schlaf	• Laufen
• in Ruhe	• Heben
• Körperliche Belastung	• Tragen
• Beruf	• Bücken
• Hausarbeit	• Alltagsaktivitäten
• Sitzen	• Schmerzmitteleinnahme
• Stehen	• Sexualleben
• Gehen	• Reisen

Tabelle 1: Themengebiete des VAS

Auf einer 10 Zentimeter langen Skala kann man von links nach rechts „keine Schmerzen“ bis „unerträgliche Rückenschmerzen“ mit einer Markierung eintragen. Dementsprechend stehen „keine Schmerzen“ für 100 Punkte und „unerträgliche Rückenschmerzen“ für null Punkte. Die Patienten werden aufgefordert, eine Stelle auf der Linie zu kennzeichnen, an der der für sie charakterisierte Schmerz am ehesten zutrifft. Zur Auswertung wird der Abstand zum Ende der Skala abgemessen, die Strecke in Millimeter ergibt dann die Punktzahl für jede Frage. Alle Ergebnisse der 19 gestellten Fragen werden addiert und der Mittelwert daraus berechnet. Je niedriger die Punktzahl, desto größer sind die Rückenschmerzen (33, 34).

Jensen et al. (2003) (31) interpretieren und beschreiben die Einteilung der Auswertung des VAS-Wirbelsäulenscore folgendermaßen:

- 100 bis 96 Punkte stellen keine Schmerzen dar.
- 95 bis 56 Punkte bedeuten leichte Rückenschmerzen.
- 55 bis 26 Punkte sind als moderate Rückenschmerzen zu deuten.
- 25 bis 0 Punkte drücken starke Rückenschmerzen aus.

2.4.2 Oswestry Disability Index (ODI)

Der Oswestry Disability Index (ODI) dient der Beurteilung von Funktionseinschränkungen, die durch Rückenschmerzen ausgelöst werden (35).

Tabelle 2 zeigt die 10 Funktionsgebiete des ODI (35):

• Schmerzstärke	• Stehen
• Körperpflege	• Schlafen
• Heben	• Sexualleben
• Gehen	• Sozialleben
• Sitzen	• Reisen

Tabelle 2: Funktionsgebiete des ODI

Zu jedem dieser Gebiete gibt es eine dazugehörige Frage mit je sechs Antwortmöglichkeiten, die wiederum mit 0 bis 5 Punkte bewertet werden. Als Maximalpunktzahl können 50 Punkte erreicht werden, die Minimalpunktzahl ist null Punkte, wobei null Punkte ein sehr gutes Ergebnis bedeutet (35).

Die Berechnung lautet (35): $\text{erreichte Punktzahl}/50 \times 100\%$

Der Quotient aus erreichter Punktzahl dividiert durch 50 multipliziert mit 100 Prozent ergibt den ODI.

Die Auswertung des ODI erfolgt schließlich durch folgende Einteilung:

- 0-20%: minimale Einschränkung
- 21-40%: mäßige Einschränkung
- 41-60%: starke Einschränkung
- 61-80%: invalidisierend
- 81-100%: bettlägerig

2.4.3 SF-36

Der SF-36 ist ein Fragebogen zum Gesundheitszustand. Mit dem SF-36 kann man die gesundheitsbezogene Lebensqualität von Patienten erfassen und beurteilen. Dieser Fragebogen beinhaltet 36 Fragen. Er lässt sich in 2 Überdimensionen unterteilen, die körperliche (KÖGE) und psychische Gesundheit (PSYG) (36).

Diese 2 Bereiche setzen sich aus Fragen folgender 8 Dimensionen zusammen (36):

- Die „Allgemeine Gesundheitswahrnehmung (AGES)“ (bestehend aus 5 Fragen) beschreibt die persönliche Beurteilung der Gesundheit, sowohl die aktuelle Konstitution, die zukünftige Erwartungshaltung und die Widerstandsfähigkeit gegenüber Erkrankungen.
- Die „Emotionale Rollenfunktion (EMRO)“ (bestehend aus 3 Fragen) steht für den Wert der Beeinträchtigung in der Arbeit und bei täglichen Aktivitäten durch emotionale Probleme.
- Die „Körperliche Funktionsfähigkeit (KÖFU)“ (bestehend aus 10 Fragen) befasst sich mit dem Ausmaß der Beeinträchtigung bei körperlichen Aktivitäten und bei mittelschweren bis anstrengenden Tätigkeiten durch den Gesundheitszustand.
- Die „Körperliche Rollenfunktion (KÖRO)“ (bestehend aus 4 Fragen) beschreibt den Grad der Beeinträchtigung der Arbeit oder täglicher Aktivitäten durch den körperlichen Gesundheitszustand.
- Das „Psychische Wohlbefinden (PSYW)“ (bestehend aus 5 Fragen) befasst sich mit der allgemeinen psychischen Gesundheit.
- Die „Körperlichen Schmerzen (SCHM)“ (bestehend aus 2 Fragen) erfassen die Stärke der Schmerzen und den Einfluss dieser auf die normale Arbeit.
- Die „Soziale Funktionsfähigkeit (SOFU)“ (bestehend aus 2 Fragen) beschreibt den Umfang der Beeinträchtigung der normalen sozialen Aktivität durch die körperliche Gesundheit oder durch emotionale Probleme.
- Die „Vitalität (VITA)“ (bestehend aus 4 Fragen) befasst sich damit, ob sich eine Person energiegeladener und voller Elan fühlt oder sich aber müde, matt und erschöpft fühlt.

Die „Körperliche Gesundheit (KÖGE)“ kann man aus den Summenskalen von allgemeiner Gesundheitswahrnehmung (AGES), körperlicher Funktionsfähigkeit (KÖFU), körperlicher Rollenfunktion (KÖRO) und körperlichen Schmerzen (SCHM) berechnen. Die „Psychische Gesundheit (PSYG)“ errechnet sich aus den Summenskalen emotionaler Rollenfunktion (EMRO), psychischem Wohlbefinden (PSYW), sozialer Funktionsfähigkeit (SOFU) und Vitalität (VITA). Man kann jede Dimension als eigenständige Summenskala darstellen (36).

Man erhält für jede Frage zwischen 0 und 100 Punkte. Insgesamt spricht man bei einer hohen Punktezahl von hoher Lebensqualität (36).

2.5 Klinisch körperliche Untersuchung

Es wurden 5 klinisch körperliche Untersuchungen an den Patienten durchgeführt:

- Seitwärtsneigung
- Seitwärtsdrehung
- Ott-Zeichen der BWS
- Schober-Zeichen der LWS
- Finger-Boden-Abstand

Die klinisch körperliche Nachuntersuchung der Patienten erfolgte nach der Neutral-0-Methode. Es wurde die maximale Abweichung aus der Neutralposition bestimmt und in Grad oder Zentimeter abgemessen und notiert (37, 38).

2.5.1 Seitwärtsneigung

Die Seitwärtsneigung wurde nach links und nach rechts erhoben, wobei der Patient aufrecht stehen sollte und die Hände in den Nacken legen musste. Der Normwert liegt zwischen 30 und 40 Grad Abweichung von der senkrechten Ausgangsachse (37, 38).

Abbildung 14 zeigt den Funktionstest die Seitwärtsneigung der Wirbelsäule mit der zu erreichenden Norm von 30-40 Grad (37).

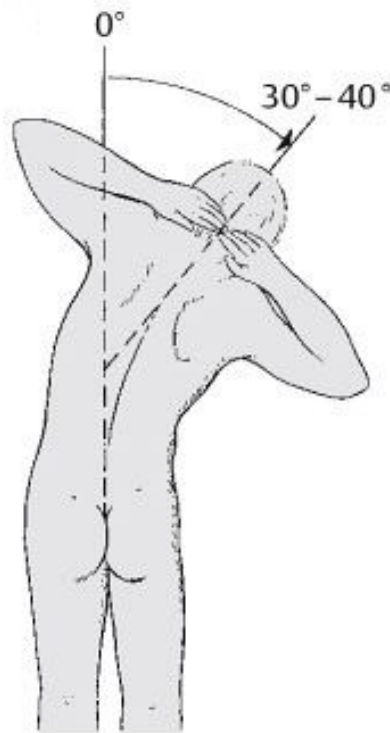


Abbildung 14: Seitwärtsneigung der Wirbelsäule

2.5.2 Seitwärtsdrehung

Die Seitwärtsdrehung wurde nach links und nach rechts im aufrechten Sitzen mit vor dem Körper verschränkten Armen durchgeführt und anschließend in Grad bestimmt. Der Normwert liegt bei 30-40 Grad Abweichung von der Position, bei der die Schultern parallel zum Becken stehen (37, 38).

In Abbildung 15 sieht man den Funktionstest die Seitwärtsdrehung der Wirbelsäule mit der zu erreichenden Norm von 30-40 Grad (37).

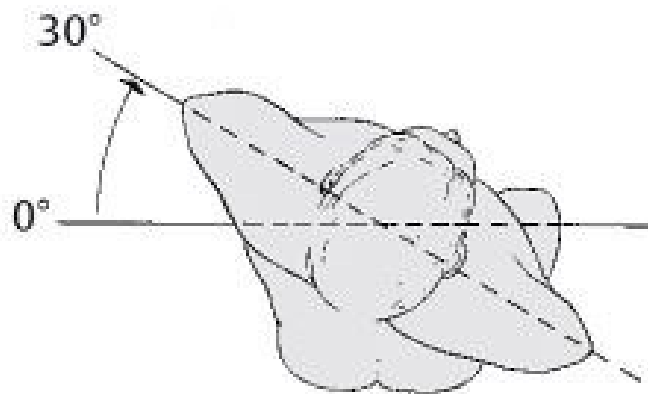


Abbildung 15: Seitwärtsdrehung der Wirbelsäule

2.5.3 Ott-Zeichen der BWS

Das Ott-Zeichen (Abb. 16) ist ein Maß, um die Beweglichkeit der Brustwirbelsäule zu bestimmen. Es werden die Inklination und die Reklination der BWS in Zentimeter (cm) gemessen. Man markiert zunächst 2 Bezugspunkte im Stehen, den Dornfortsatz von C7 und einen 30 Zentimeter kaudal darunter liegenden Punkt direkt auf der Wirbelsäule. Der Patient wird aufgefordert, sich maximal aus aufrecht stehender Position nach vorne zu beugen und anschließend sich maximal nach hinten zu neigen. Die Abstände der Bezugspunkte werden dann abgemessen. Der Normwert der Inklination sollte ca. zwischen 32 und 34 cm liegen, der Normwert der Reklination zwischen 28 bis 29 cm (37, 38).

2.5.4 Schober-Zeichen der LWS

Das Schober-Zeichen (Abb. 16) ist eine Funktionsüberprüfung der Beweglichkeit der Lendenwirbelsäule. Es werden die Inklination und die Reklination der LWS in Zentimeter (cm) gemessen. Man markiert zunächst 2 Bezugspunkte im Stehen, den Dornfortsatz von S1 und einen 10 Zentimeter kranial gerade darüber liegenden Punkt auf der Wirbelsäule. Der Patient wird aufgefordert, sich maximal aus aufrecht stehender Position nach vorne zu beugen und anschließend sich maximal nach hinten zu neigen. Die Abstände der Bezugspunkte werden dann festgehalten. Der Normwert der Inklination sollte ca. 15 cm erreichen, der Normwert der Reklination sollte bei ca. 8 cm liegen (37, 38).

2.5.5 Finger-Boden-Abstand

Auch der Finger-Boden-Abstand (Abb.16) ist ein Maß für die Beweglichkeit der Lendenwirbelsäule und wird durch Vorbeugen geprüft. Man sollte dabei mit den Fingerspitzen und durchgestreckten Kniegelenken den Boden berühren können. Der Normbereich zwischen den Fingerspitzen und dem Boden sollte zwischen 0 und 10 cm liegen. Hier sind auch negative Werte möglich, wenn der Patient z.B. sich mit der Handfläche am Boden abstützen kann (37, 38).

Abbildung 16 zeigt als Funktionstests der Wirbelsäulenbeweglichkeit zusammengefasst das Schober-, das Ott-Zeichen und den Finger-Boden-Abstand (FBA) mit den zu erreichenden Normwerten (38).

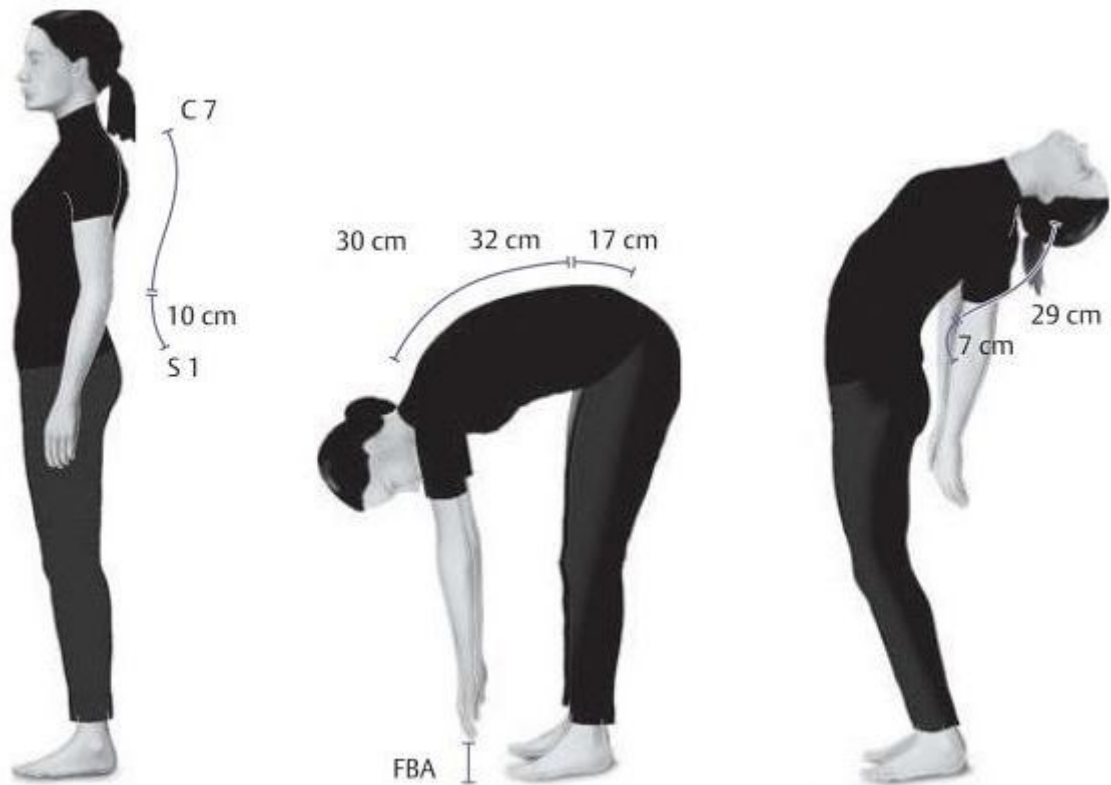


Abbildung 16: Untersuchung der Wirbelsäulenbeweglichkeit: Schober- und Ott-Zeichen, Finger-Boden-Abstand (FBA)

2.6 Statistische Auswertung der Daten

Nach Überprüfung und Überarbeitung der erhobenen Daten, die für die deskriptive Analyse in Microsoft Excel-Tabellen (2010) aufgelistet wurden, erfolgte eine statistische Auswertung mittels IBM SPSS 22.0.

Die Ergebnisse wurden mit Mittelwerten, Median, Spannweite und Standardabweichung deskriptiv beschrieben. Die Testung der Parameter auf Normalverteilung mittels Kolmogorow-Smirnow ergab keine Normalverteilung.

Daher wurden folgende Vergleiche angewandt:

- Vergleich von zwei abhängigen Werten: Wilcoxon Test
- Vergleich von zwei unabhängigen Werten: Mann-Whitney-U Test
- Vergleich von mehr als zwei abhängigen Stichproben: Friedman Test

Ein p-Wert von $< 0,05$ wurde als statistisch signifikant bewertet.

3 Ergebnisse

3.1 Ergebnisse retrospektive Studie

3.1.1 Patientengut nach Recherche

Es wurden insgesamt 72 Patienten mit stabilen Kompressionsfrakturen der thorakolumbalen Wirbelsäule in der retrospektiven Studie analysiert, wobei man diese in 49% (n=35) weibliche (W) und 51% (n=37) männliche (M) Patienten unterteilen kann. Das ergibt ein Verhältnis von 1:1,1 (W:M).

3.1.2 Altersverteilung

Das durchschnittliche Alter betrug zum Zeitpunkt des Unfalls 12,0 Jahre (Spannweite 1,8-18,3 Jahre).

Abbildung 17 zeigt eine Einteilung aller 72 Patienten in 4 Altersgruppen (0-4 Jahre, 5-9 Jahre, 10-14 Jahre, 15-19 Jahre).

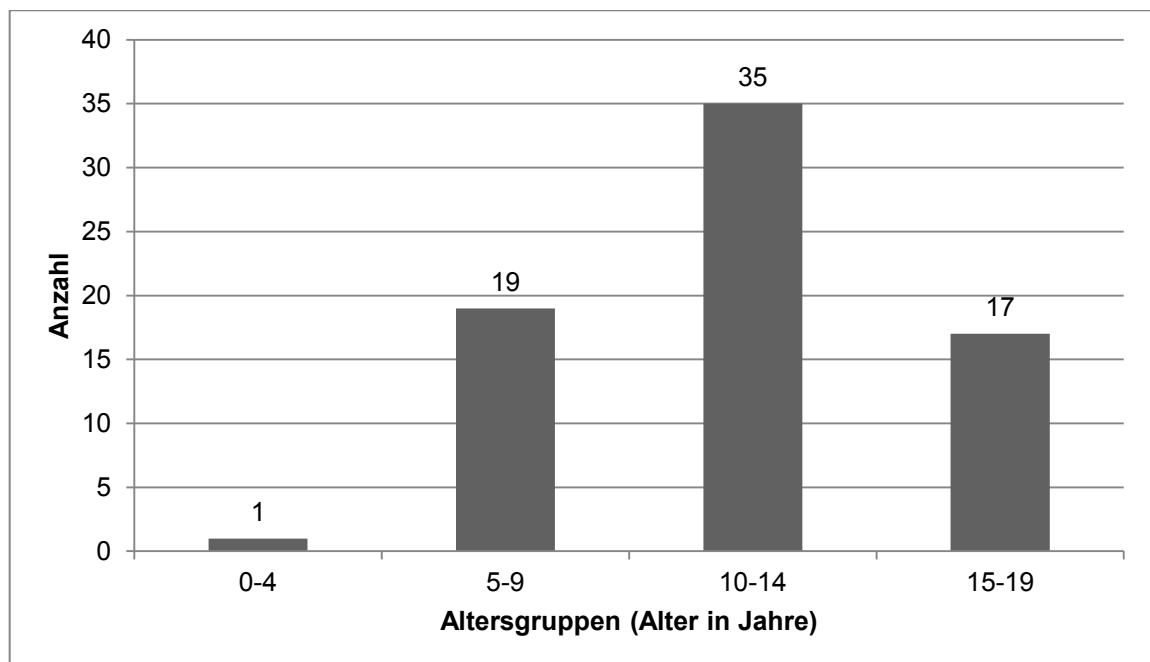


Abbildung 17: Einteilung aller Patienten in Altersgruppen

Am häufigsten wurde eine Kompressionsfraktur in der Altersgruppe zwischen 10-14 Jahre diagnostiziert (48,6%), gefolgt von der Gruppe der 5-9 Jährigen (26,4%), der 15-19 Jährigen (23,6%) und schließlich der einzigen Patientin im Alter zwischen 0-4 Jahren (1,4%).

3.1.3 Unfallmechanismen

Der häufigste Unfallmechanismus für eine Kompressionsfraktur im Bereich der thorakolumbalen Wirbelsäule ergab sich mit 63,9% aus Freizeit-, Spiel- und Sportverletzungen (n=46). An die zweite Stelle kamen mit 18,1% Stürze auf die Wirbelsäule aus mehr als 1,5 Metern (m) Höhe (n=13), gefolgt von 11,1% durch Verkehrsunfälle (n=8) und schließlich mit 6,9% (n=5) Verletzungen durch Stürze auf die Wirbelsäule aus unter 1,5 Metern (m) Höhe.

Abbildung 18 verdeutlicht die prozentuelle Einteilung aller Patienten in Bezug auf die Unfallmechanismen.

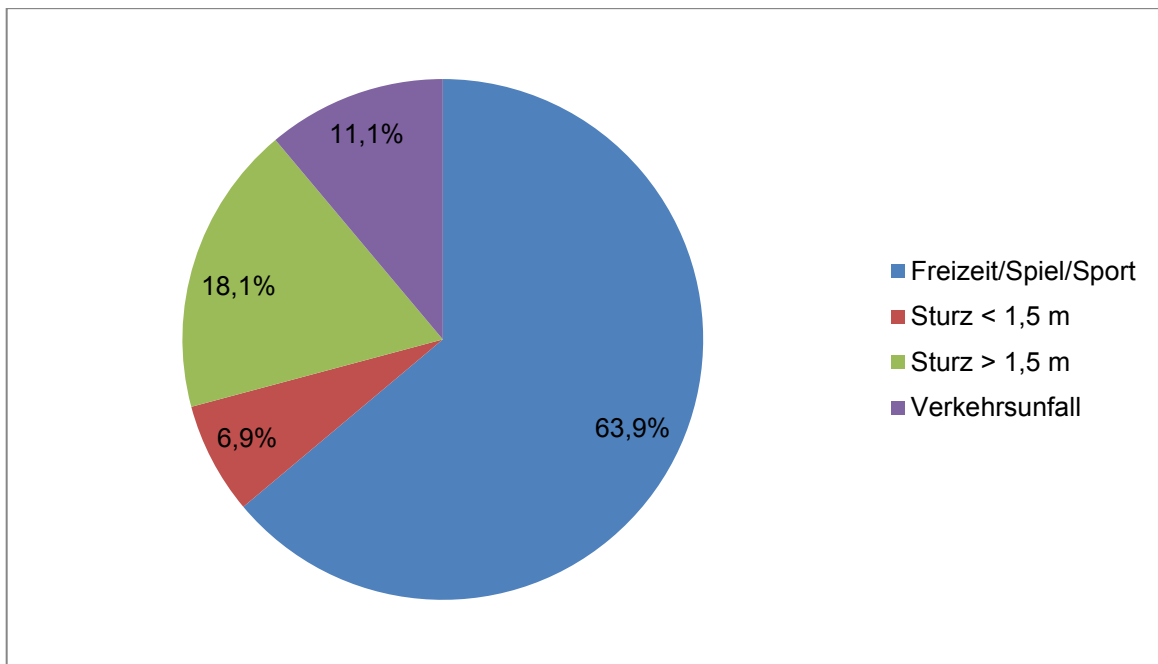


Abbildung 18: Prozentuelle Einteilung aller Patienten in Bezug auf die Unfallmechanismen

In Tabelle 3 erfolgte eine detaillierte Einteilung der Unfallmechanismen aller Patienten.

Freizeit-/Spiel-/Sportunfall (n=46; 63,9%)		
Spielplatz	n=9	12,5%
Ski/Snowboard	n=7	9,7%
Fitnessstudio/Turnen	n=6	8,3%
Badeunfälle	n=5	6,9%
Bobfahren/Rodeln	n=5	6,9%
Hüpfburg/Trampolin	n=4	5,6%
Reiten	n=4	5,6%
Eislaufen/Rollerskaten	n=3	4,2%
Klettern	n=2	2,8%
Mountainbike	n=1	1,4%
Sturz aus > 1,5 m (n=13; 18,1%)		
Baum	n=3	4,2%
Balkon	n=2	2,8%
Brücke	n=2	2,8%
Fenster	n=2	2,8%
Arbeitsunfall	n=1	1,4%
1. Stock	n=1	1,4%
Stockbett	n=1	1,4%
2. Stock	n=1	1,4%
Verkehrsunfall (n=8; 11,1%)		
Auto	n=4	5,6%
Moped	n=3	4,2%
Bus	n=1	1,4%
Sturz aus < 1,5 m (n=5; 6,9%)		
Stiegenhaus	n=3	4,2%
Bettkante	n=1	1,4%
Krampfanfall	n=1	1,4%

Tabelle 3: Übersichtstabelle der Unfallmechanismen aller Patienten im Detail

3.1.4 Anzahl der Frakturen

Insgesamt waren 133 Wirbel frakturiert.

Bei 53 Patienten (73,6%) war nur die BWS betroffen, bei 13 Patienten (18,1%) nur die LWS. Eine Kombination aus BWS- und LWS-Kompressionsfrakturen fand sich bei 6 Patienten (8,3%).

Die mediane Anzahl lag insgesamt bei 2 frakturierten Wirbelkörpern pro Patient (Spannweite 1-6 Kompressionsfrakturen).

Die mediane Anzahl der männlichen Patienten lag bei 2 frakturierten Wirbelkörpern pro Patient, wobei sich die Spanne von 1 bis 5 Kompressionsfrakturen erstreckte.

Die mediane Anzahl der weiblichen Patienten lag bei 1 frakturierten Wirbelkörper pro Patient mit einer Spannweite von 1 bis 6 Kompressionsfrakturen.

Die häufigste Anzahl der Frakturen wird in folgender Auflistung gezeigt:

- 1 Kompressionsfraktur bei 48,6% (n=35)
- 2 Kompressionsfrakturen bei 31,9% (n=23)
- 3 Kompressionsfrakturen bei 12,5% (n=9)
- 4 und 6 Kompressionsfrakturen bei je 2,8% (n=2)
- 5 Kompressionsfrakturen bei 1,4% (n=1)

Eine Auflistung der Anzahl der Frakturen nach Häufigkeit der männlichen Patienten (n=37) wird nachfolgend angeführt:

- 1 und 2 Kompressionsfraktur bei je 40,5% (n=15)
- 3 Kompressionsfrakturen bei 13,5% (n=5)
- 4 und 5 Kompressionsfrakturen bei je 2,7% (n=1)

Die Anzahl der Frakturen nach Häufigkeit der weiblichen Patienten (n=35) wird folgendermaßen aufgelistet:

- 1 Kompressionsfraktur bei 57,1% (n=20)
- 2 Kompressionsfrakturen bei 22,9% (n=8)
- 3 Kompressionsfrakturen bei 11,4% (n=4)
- 6 Kompressionsfrakturen bei 5,7% (n=2)
- 4 Kompressionsfrakturen bei 2,9% (n=1)
- 5 Kompressionsfrakturen waren nicht vorhanden.

3.1.5 Frakturlokalisierung

Abbildung 19 zeigt die Häufigkeit der Frakturen der thorakolumbalen Wirbelsäule aller Patienten bezogen auf die Lokalisation.

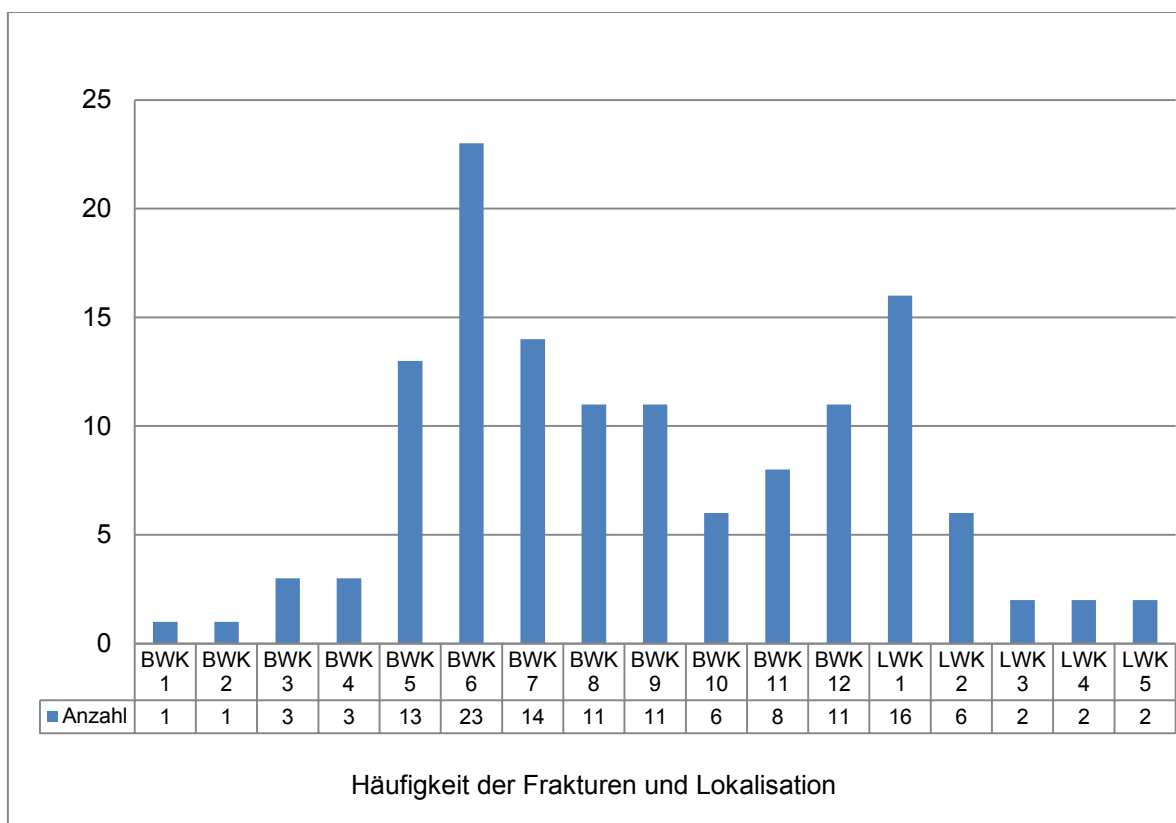


Abbildung 19: Häufigkeit der Frakturen aller Patienten bezogen auf ihre Lokalisation

BWK 6 war mit 17,3% (n=23) der am häufigsten frakturierte Wirbel, gefolgt von LWK 1 mit 12% (n=16).

Abbildung 20 verdeutlicht den Vergleich der Frakturen aller Patienten bezogen auf die Lokalisation und das Geschlecht.

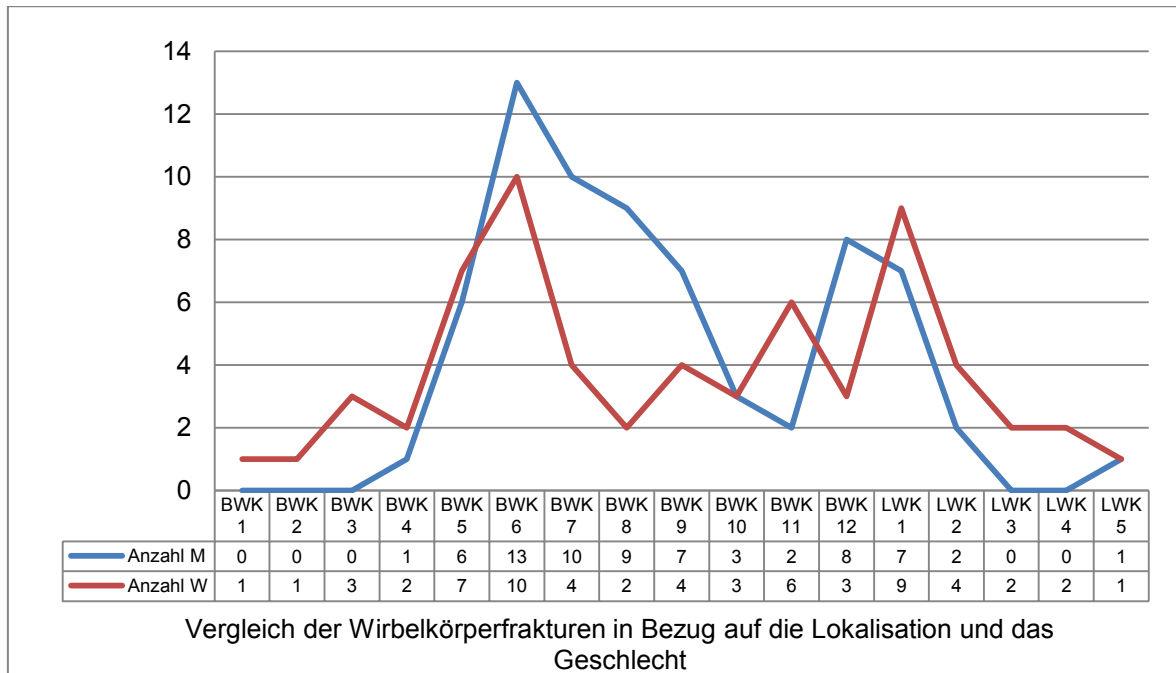


Abbildung 20: Vergleich der Frakturen aller Patienten in Bezug auf Lokalisation und Geschlecht

Bei den männlichen Patienten (n=37) war BWK 6 mit 18,8% (n=13) der am häufigsten frakturierte Wirbel, gefolgt von BWK 7 mit 14,5% (n=10) und BWK 8 mit 13% (n=9). Ein 2. Gipfel war im thorakolumbalen Übergang zu sehen, wo BWK 12 (n=8; 11,6%) und LWK 1 (n=7; 10,1%) auch häufiger frakturierten.

Bei den weiblichen Patienten war BWK 6 mit 15,6% (n=10) der am häufigsten frakturierte Wirbel, gefolgt von LWK 1 mit 14,1% (n=9).

3.1.6 SI beim Unfall

Der Mittelwert des SI aller frakturierten Wirbel bei der unmittelbar posttraumatischen radiologischen Abklärung lag bei 0,76. Die Spannweite lag zwischen 0,45-0,94. Der Median betrug 0,77 und die Standardabweichung 0,08.

3.1.7 Begleitverletzungen und Neurologie

Bei 26,4% (n=19) der Patienten waren weitere Verletzungen vorhanden, die restlichen 73,6% (n=53) der Patienten verletzten sich nur an der Brust- und/ oder der Lendenwirbelsäule.

Tabelle 4 listet die Begleitverletzungen der 19 verletzten Patienten auf:

Begleitverletzungen	Anzahl [n]	%
Polytrauma	5	26,3
Commotio cerebri	3	15,8
stumpfes Bauchtrauma	2	10,5
Commotio cerebri, Fraktur 3. Rippe rechts, Lungenkontusion	1	5,3
Contusio capitis	1	5,3
Contusio capitis et abdominalis	1	5,3
Contusio regio lumbalis, Fraktur Processus transversus LWK 3 und 4 links	1	5,3
Contusio thoracis, Kontusion linker Ellbogen und linkes Kniegelenk	1	5,3
Kieferköpfchenkontusion links	1	5,3
Leberkontusion	1	5,3
Spondylolisthese mit Spondylolyse L5/S1	1	5,3
Sprunggelenksfraktur rechts	1	5,3

Tabelle 4: Übersicht der Begleitverletzungen aller Patienten

Sämtliche Patienten waren neurologisch unauffällig.

3.1.8 Therapie

52 Personen wurden stationär behandelt, das entspricht 72,2% der verunfallten Patienten. 20 Patienten (27,8%) wurden hingegen nach einer ambulanten Behandlung wieder entlassen.

Die stationär aufgenommenen Patienten (n=52) wurden im Median 6 Tage (Spannweite 1-24 Tage) behandelt, mit abhängig von den jeweiligen Begleitverletzungen.

Während 39 Patienten (54,2%) mit einem Mieder therapiert wurden, wurden 33 Patienten (45,8%) konservativ nur mit Bettruhe und adäquater Analgesie behandelt.

3.1.9 Kontrollen und Therapiezeitraum

Im Median wurden die 72 Patienten 2 Mal ambulant kontrolliert (Spannweite 1-9 Kontrollen).

Der Therapiezeitraum vom Unfall bis zur letzten klinischen Untersuchung betrug im Median 2 Monate und im Mittel 6,6 Monate (Spannweite 0-51 Monate).

3.1.10 SI bei letzter radiologischer Kontrolle

Der Therapiezeitraum vom Unfall bis zur letzten radiologischen Kontrolle betrug im Median 2 Monate und im Durchschnitt 5,3 Monate (Spannweite 0-51 Monate).

Der Mittelwert des SI bei der letzten radiologischen Kontrolle war bei 0,79. Die Spannweite lag zwischen 0,45 und 1,00. Der Median betrug 0,79 und die Standardabweichung 0,08.

Abbildung 21 zeigt den statistischen Vergleich des SI beim Unfall mit dem SI der letzten radiologischen Kontrolle. Es zeigt eine signifikante Zunahme des SI.

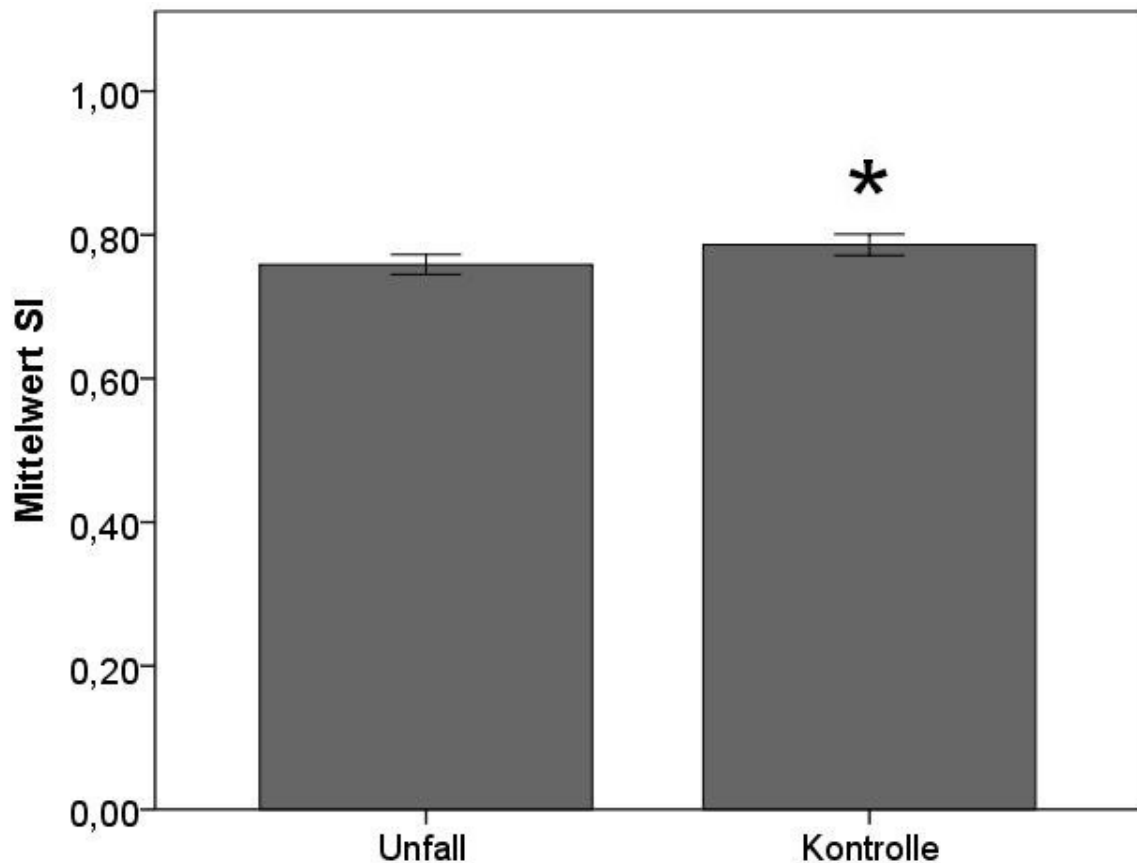


Abbildung 21: Statistischer Vergleich des SI beim Unfall mit dem SI bei der letzten radiologischen Kontrolle; * $p < 0,05$

3.1.11 Beschwerden nach Therapieende

9 Patienten (12,5%) gaben nach Abschluss der Behandlung noch immer klinische Beschwerden an, während 63 Patienten (87,5%) nach Abschluss der Behandlung beschwerdefrei waren.

3.2 Ergebnisse der Follow-up Studie

3.2.1 Patientengut bei der Follow-up Studie

Von insgesamt 72 Patienten haben 47,2% (n=34) an der Nachuntersuchung teilgenommen, 52,8% (n=38) konnten weder per Post, per Mail oder per Telefon kontaktiert werden oder hatten kein Interesse an der Studie teilzunehmen.

Das durchschnittliche Alter zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung betrug 20,0 Jahre (Spannweite 11,9-27,8 Jahre).

Im Durchschnitt vergingen 95,2 Monate (Spannweite 29-158 Monate) vom Unfalltag bis zur Follow-up Untersuchung.

Weiter wurde die Nachuntersuchung im Durchschnitt 90 Monate (Spannweite 19-148 Monate) nach der letzten radiologischen Kontrolle durchgeführt.

Es nahmen insgesamt 34 Patienten nach der retrospektiven Studie bei der Nachuntersuchung teil, die zu 58,8% (n=20) aus weiblichen (W) und zu 41,2% (n=14) aus männlichen (M) Patienten bestanden. Das ergibt ein Verhältnis von 1:1,4 (M:W).

3.2.2 Altersverteilung

Das durchschnittliche Alter betrug zum Zeitpunkt des Unfalles 12,0 Jahre (Spannweite 1,8-18,3 Jahre).

Abbildung 22 gibt den Überblick über die Einteilung der 34 Follow-up Teilnehmer in 4 Altersgruppen (0-4 Jahre, 5-9 Jahre, 10-14 Jahre, 15-19 Jahre).

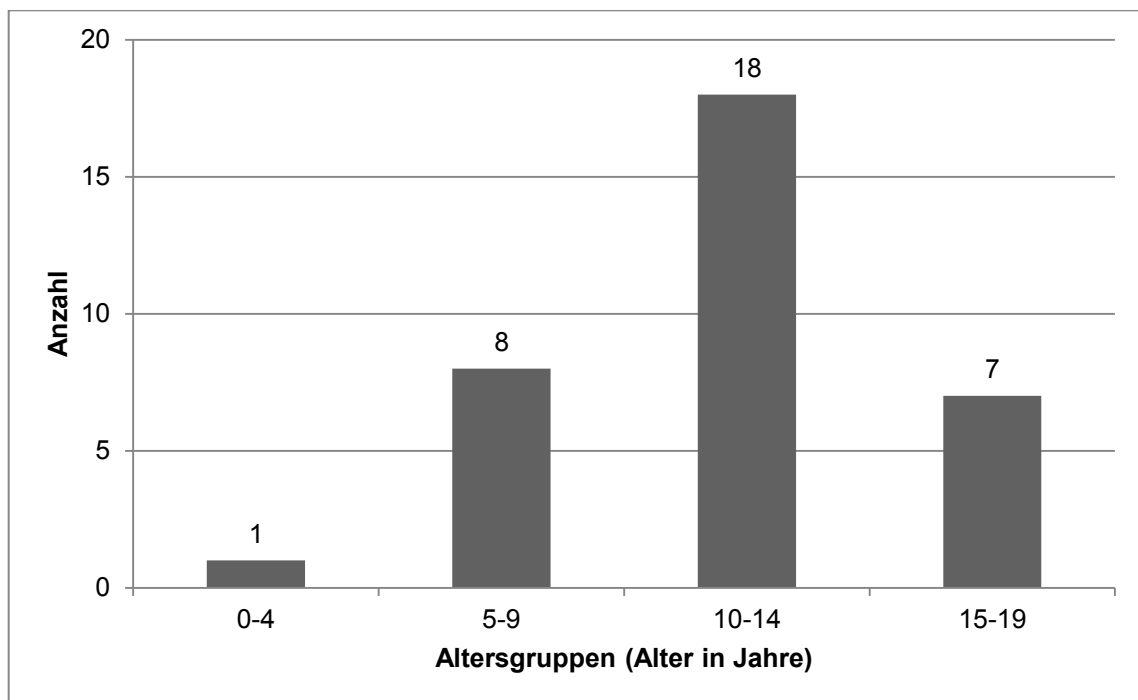


Abbildung 22: Einteilung der Follow-up Teilnehmer in Altersgruppen

Am häufigsten wurde eine Kompressionsfraktur in der Altersgruppe zwischen 10-14 Jahre diagnostiziert (52,9%), gefolgt von der Gruppe der 5-9 Jährigen (23,5%), der 15-19 Jährigen (20,6%) und schließlich der einzigen Patientin im Alter zwischen 0-4 Jahren (2,9%).

3.2.3 Unfallmechanismen

Der häufigste Unfallmechanismus für eine Kompressionsfraktur im Bereich der thorakolumbalen Wirbelsäule ergab sich mit 73,5% aus Freizeit-, Spiel- und Sportverletzungen (n=25). An die zweite Stelle kamen mit 17,6% Stürze auf die Wirbelsäule aus mehr als 1,5 Metern (m) Höhe (n=6), gefolgt von 5,9% (n=2) durch Stürze auf die Wirbelsäule aus unter 1,5 Metern (m) Höhe und schließlich mit 2,9% (n=1) Verletzungen verursacht durch Verkehrsunfälle.

Abbildung 23 veranschaulicht die prozentuelle Einteilung der Follow-up Teilnehmer in Bezug auf die Unfallmechanismen.

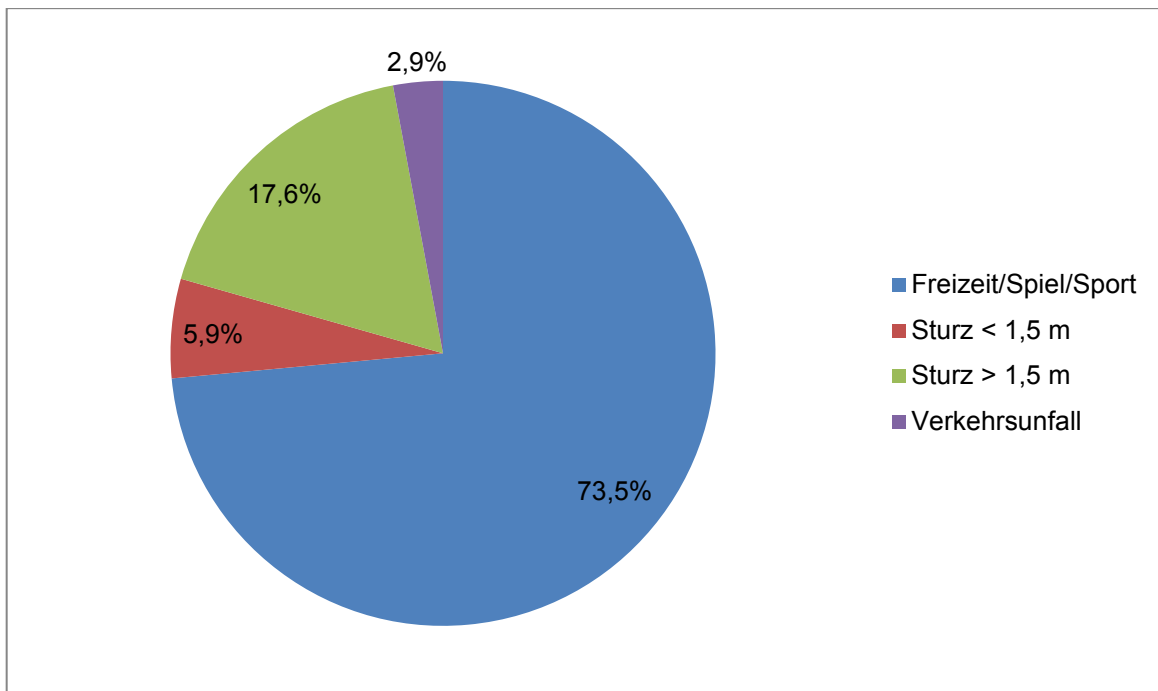


Abbildung 23: Prozentuelle Einteilung der Follow-up Teilnehmer in Bezug auf die Unfallmechanismen

Tabelle 5 gibt eine detaillierte Übersicht der Unfallmechanismen der Follow-up Teilnehmer.

Freizeit-/Spiel-/Sportunfall (n=25; 73,5%)		
Fitnessstudio/Turnen	n=5	14,7%
Ski/Snowboard	n=5	14,7%
Spielplatz	n=4	11,8%
Bobfahren/Rodeln	n=3	8,8%
Hüpfburg/Trampolin	n=2	5,9%
Klettern	n=2	5,9%
Reiten	n=2	5,9%
Badeunfälle	n=1	2,9%
Mountainbike	n=1	2,9%
Sturz aus > 1,5 m (n=6; 17,6%)		
Baum	n=2	5,9%
Balkon	n=1	2,9%
Brücke	n=1	2,9%
Stockbett	n=1	2,9%
2. Stock	n=1	2,9%
Sturz aus < 1,5 m (n=2; 5,9%)		
Stiegenhaus	n=2	5,9%
Verkehrsunfall (n=1; 2,9%)		
Auto	n=1	2,9%

Tabelle 5: Übersichtstabelle der Unfallmechanismen der Follow-up Teilnehmer im Detail

3.2.4 Anzahl der Frakturen und Verteilung

Insgesamt waren 67 Wirbel frakturiert.

Bei 26 Patienten (76,5%) war nur die BWS betroffen, bei 6 Patienten (17,6%) nur die LWS. Eine Kombination aus BWS- und LWS-Stauchungsfraktur fand sich bei 2 Patienten (5,9%).

Die mediane Anzahl lag bei 2 frakturierten Wirbelkörpern pro Patient, wobei sich die Spanne von 1 bis 6 Kompressionsfrakturen erstreckte.

Die mediane Anzahl der männlichen Patienten lag bei 2 frakturierten Wirbelkörpern pro Patient mit einer Spannweite von 1 bis 5 Kompressionsfrakturen.

Die weiblichen Patienten frakturierten sich im Median 1 Wirbelkörper (Spannweite 1-6 Kompressionsfrakturen).

Eine Auflistung der Anzahl der Frakturen nach Häufigkeit zeigt folgendes:

- 1 Kompressionsfraktur bei 50% (n=17)
- 2 Kompressionsfrakturen bei 23,5% (n=8)
- 3 Kompressionsfrakturen bei 14,7% (n=5)
- 4 Kompressionsfrakturen bei 5,9% (n=2)
- 5 und 6 Kompressionsfrakturen bei je 2,9% (n=1)

Die häufigste Anzahl der Frakturen der männlichen Patienten (n=14) wird nachfolgend aufgelistet:

- 1 Kompressionsfraktur bei 35,7% (n=5)
- 2 Kompressionsfrakturen bei 28,6% (n=4)
- 3 Kompressionsfrakturen bei 21,4% (n=3)
- 4 und 5 Kompressionsfrakturen bei je 7,1% (n=1)

Die Anzahl der Frakturen nach Häufigkeit bei weiblichen Patienten (n=20) wird folgendermaßen angeführt:

- 1 Kompressionsfraktur bei 60% (n=12)
- 2 Kompressionsfrakturen bei 20% (n=4)
- 3 Kompressionsfrakturen bei 10% (n=2)
- 4 und 6 Kompressionsfrakturen bei je 5% (n=1)
- 5 Kompressionsfrakturen waren nicht vorhanden.

3.2.5 Frakturlokalisierung

Abbildung 24 zeigt die Häufigkeit der Frakturen der thorakolumbalen Wirbelsäule der Follow-up Teilnehmer bezogen auf die Lokalisation.

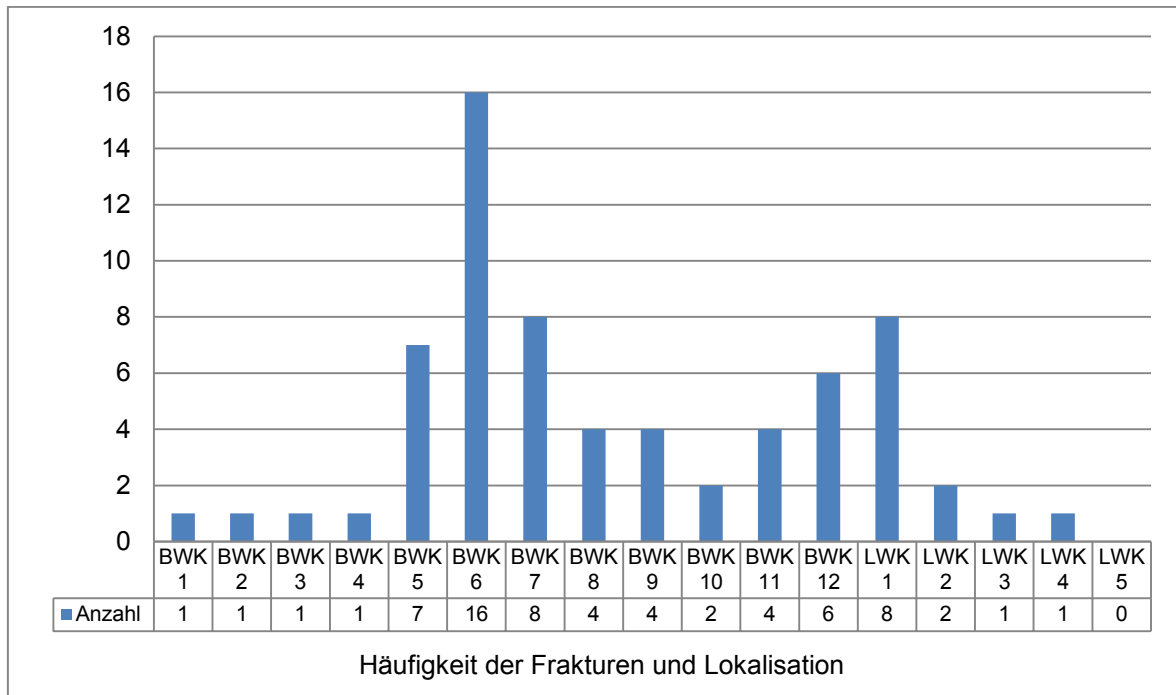


Abbildung 24: Häufigkeit der Frakturen der Follow-up Teilnehmer bezogen auf ihre Lokalisation

BWK 6 war mit 23,9% (n=16) der am häufigsten frakturierte Wirbel, gefolgt von BWK 7 und LWK 1 mit je 11,9% (n=8) und BWK 5 mit 10,4% (n=7).

Abbildung 25 vergleicht die Frakturen der Follow-up Teilnehmer bezogen auf die Lokalisation und das Geschlecht.

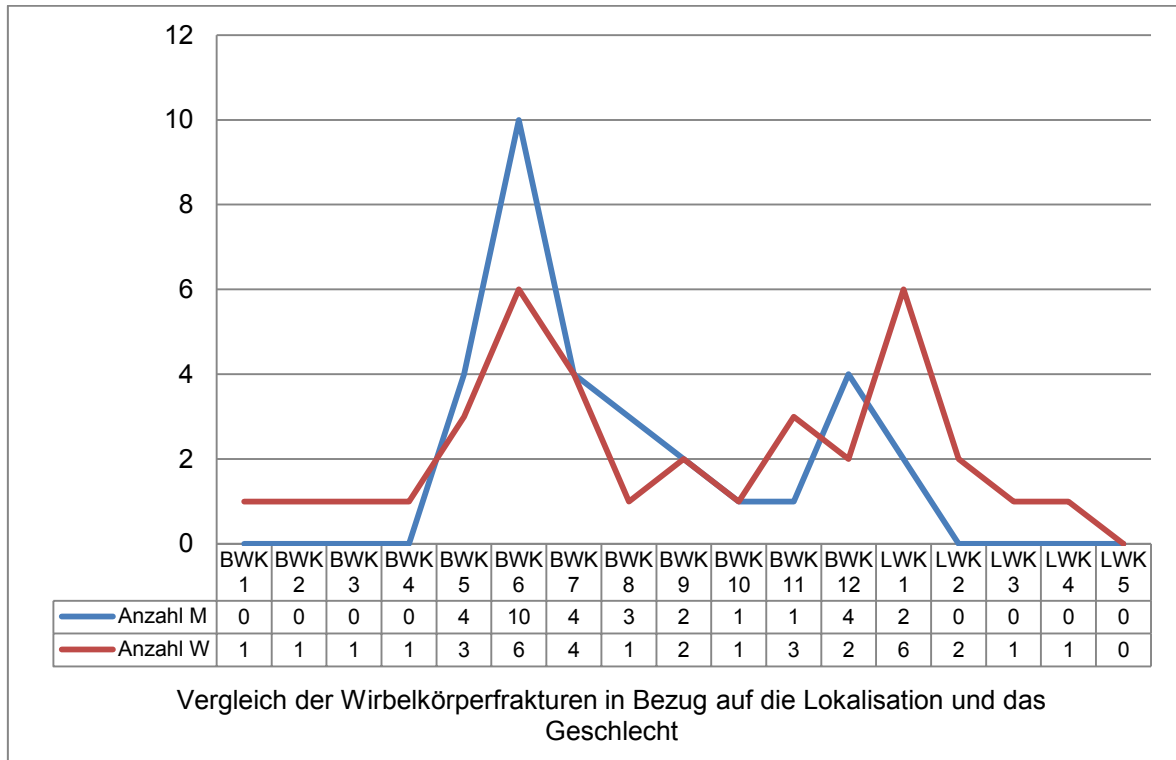


Abbildung 25: Vergleich der Frakturen der Follow-up Teilnehmer in Bezug auf die Lokalisation und das Geschlecht

Bei männlichen Patienten (n=14) war BWK 6 mit 32,3% (n=10) der am häufigsten frakturierte Wirbel, gefolgt von BWK 7 und BWK 12 mit je 12,9% (n=4).

Bei weiblichen Patienten (n=20) waren BWK 6 und LWK 1 mit je 16,7% (n=6) die am häufigsten frakturierten Wirbeln, gefolgt von BWK 7 mit 11,1% (n=4).

3.2.6 SI beim Unfall

Der Mittelwert des SI bei der radiologischen Abklärung nach dem Unfall war bei 0,74. Die Spannweite lag zwischen 0,5-0,94. Der Median betrug 0,75 und die Standardabweichung 0,08.

3.2.7 Begleitverletzungen und Neurologie

Bei 26,5% (n=9) der Patienten waren weitere Verletzungen vorhanden, die restlichen 73,5% (n=25) der Patienten verletzten sich nur an den Brust- und/ oder der Lendenwirbelsäule.

Tabelle 6 gibt einen Überblick über die zusätzlichen Verletzungen der 9 Patienten:

Begleitverletzungen	Anzahl [n]	%
Polytrauma	3	33,3
stumpfes Bauchtrauma	2	22,2
Commotio cerebri	1	11,1
Contusio capitis	1	11,1
Contusio capitis et abdominalis	1	11,1
Sprunggelenksfraktur rechts	1	11,1

Tabelle 6: Übersicht der Begleitverletzungen der Follow-up Teilnehmer

Sämtliche Patienten waren neurologisch unauffällig.

3.2.8 Therapie

Es wurden 23 Personen stationär (67,6%) und 11 Patienten ambulant (32,4%) behandelt.

Die stationäre Behandlung der 23 Patienten dauerte im Median 6 Tage (Spannweite 2-23 Tage), mit abhängig von den jeweiligen Begleitverletzungen.

Je 17 Patienten (50%) wurden mit einem Mieder oder nur mit Bettruhe und adäquater Analgesie therapiert.

3.2.9 Kontrollen und Therapiezeitraum

Im Median wurden die 34 Patienten 3 Mal ambulant kontrolliert (Spannweite 1-8 Kontrollen).

Der Therapiezeitraum vom Unfall bis zur letzten klinischen Untersuchung betrug median 3 Monate und im Mittel 6,3 Monate (Spannweite 0-51 Monate).

3.2.10 SI bei letzter radiologischen Kontrolle

Der Therapiezeitraum vom Unfall bis zur letzten radiologischen Kontrolle betrug median 2 Monate und im Mittel 4,8 Monate (Spannweite 0-51 Monate).

Im Rahmen der letzten radiologischen Kontrolle lag der mittlere SI bei 0,78. Die Spannweite war 0,53-1. Der Median betrug 0,78 und die Standardabweichung 0,09.

3.2.11 Beschwerden nach Therapieende

3 Patienten (8,8%) gaben nach Abschluss der Behandlung noch immer klinische Beschwerden an, während 31 Patienten (91,2%) nach Abschluss der Behandlung beschwerdefrei waren.

3.2.12 SI bei Follow-up Untersuchung

Der mittlere SI bei der Follow-up Untersuchung lag bei 0,92 (Spannweite 0,74-1; Median 0,93; Standardabweichung 0,06).

Abbildung 26 zeigt den statistischen Vergleich des SI zu drei Zeitpunkten (Unfall, letzte radiologische Kontrolle und Follow-up Untersuchung). Im Verlauf zeigte sich eine signifikante Zunahme des SI.

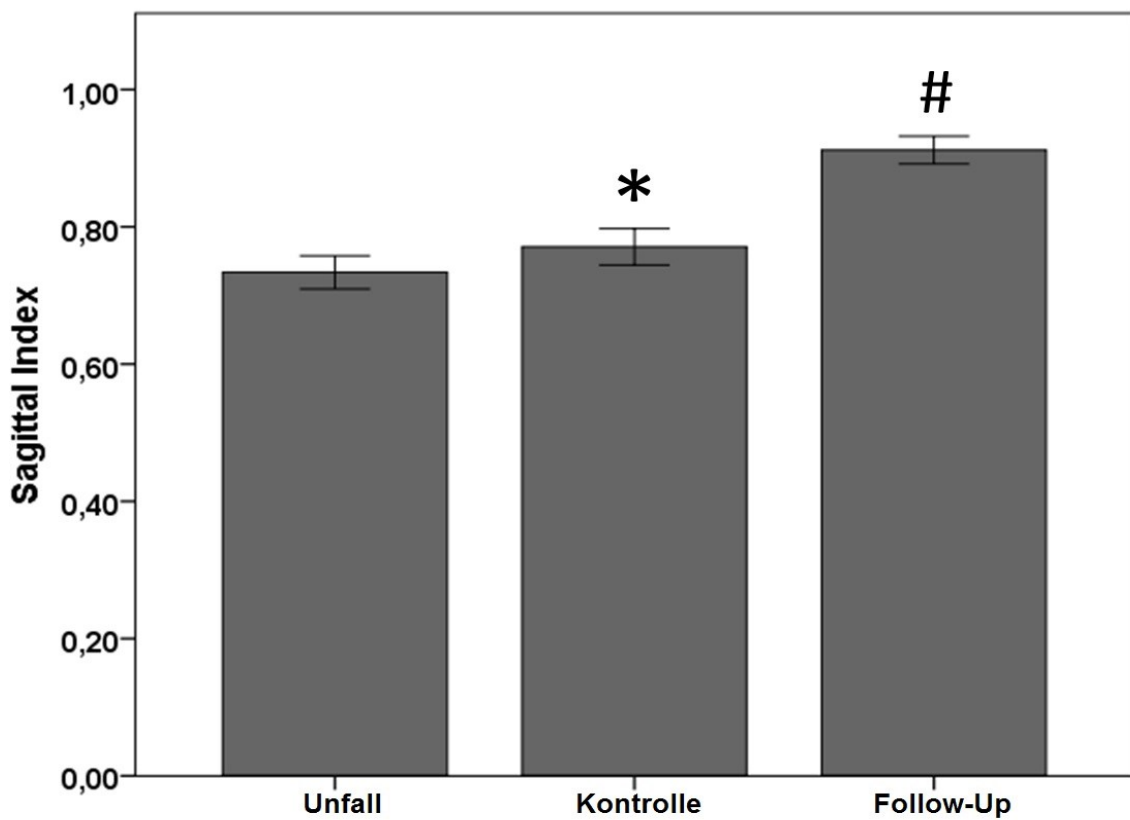


Abbildung 26: Vergleich des SI zum Zeitpunkt des Unfalls, der Kontrolle und der Follow-up Untersuchung; * $p < 0,05$ vs. Unfall; # $p < 0,05$ vs. Kontrolle

Abbildung 27 zeigt den statistischen Vergleich des SI zum Zeitpunkt des Unfalls und der Follow-up Untersuchung von Patienten mit und ohne Miedertherapie. Unabhängig von der Miedertherapie kam es zu einer signifikanten Remodelling der Wirbelfrakturen.

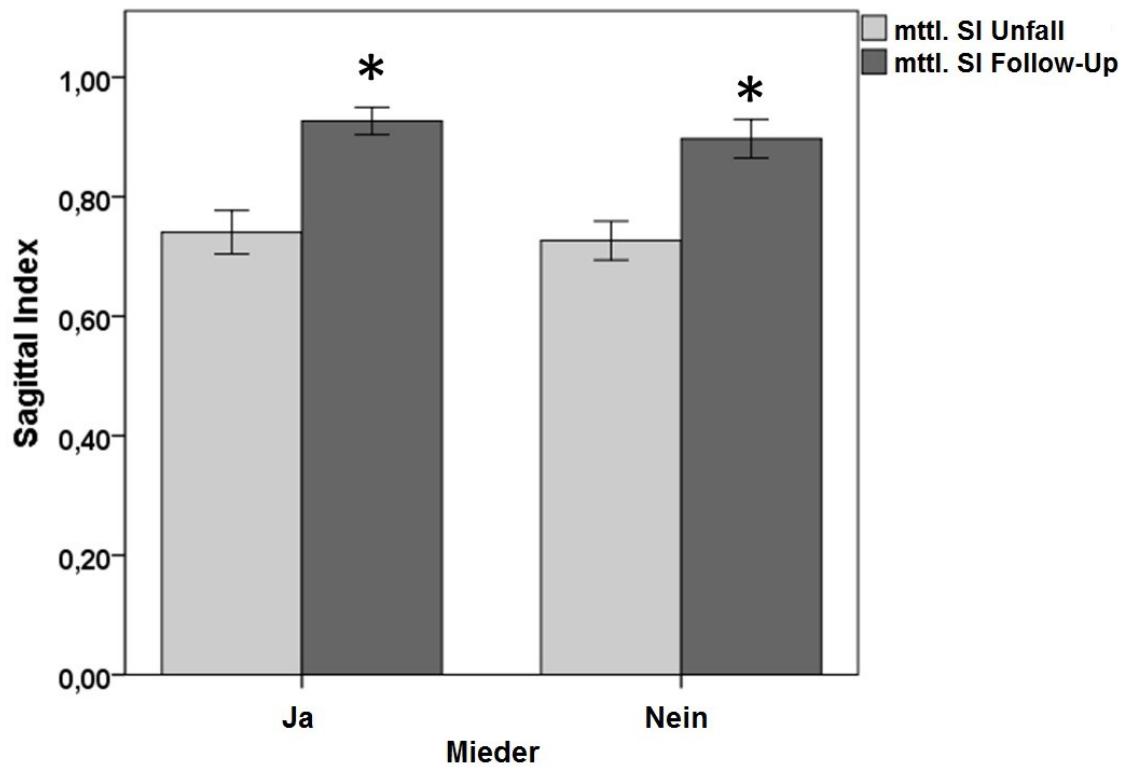


Abbildung 27: Vergleich des SI vom Unfall und vom Follow-up mit und ohne Miedertherapie;
* $p < 0,05$ vs. korrespondierendem SI Unfall

In Abbildung 28 ist zu erkennen, dass es bei der Gruppe der unter 12 Jährigen zu einem besseren Remodellierungsprozess kommt verglichen mit den über 12 Jährigen.

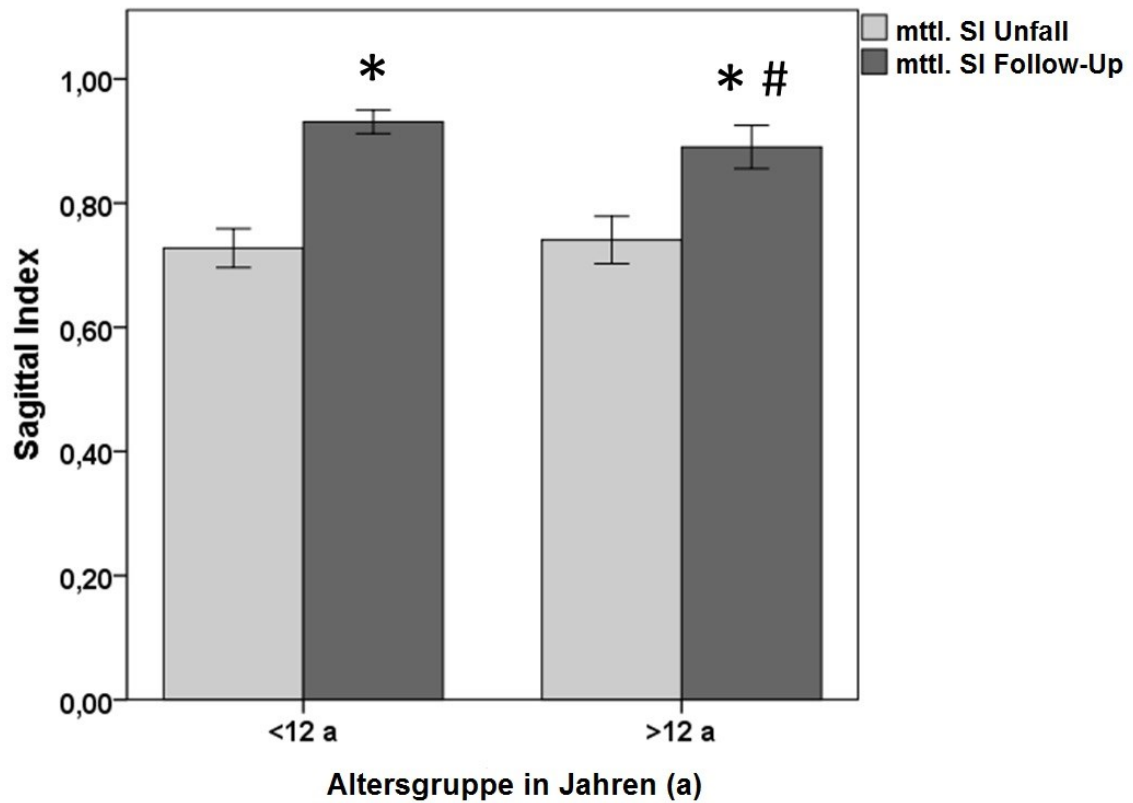


Abbildung 28: Vergleich des SI des Unfalls und des Follow-up mit den Altersgruppen < 12 Jahren und > 12 Jahren; * $p < 0,05$ vs. korrespondierendem SI Unfall; # $p < 0,05$ vs. SI Follow-up < 12 Jahren

3.2.13 Klinische Beschwerden bei Follow-up Untersuchung

18 Patienten (52,9%) gaben bei der Follow-up Untersuchung klinische Beschwerden an, die zum Zeitpunkt des Therapieendes bestanden hatten oder seitdem neu aufgetreten waren.

16 Patienten (47,1%) waren bei der Nachuntersuchung beschwerdefrei.

Abbildung 29 zeigt, dass das Vorhandensein von Rückenschmerzen nicht mit dem Remodellierungspotential nach Kompressionsfrakturen der thorakolumbalen Wirbelsäule zusammenhängt.

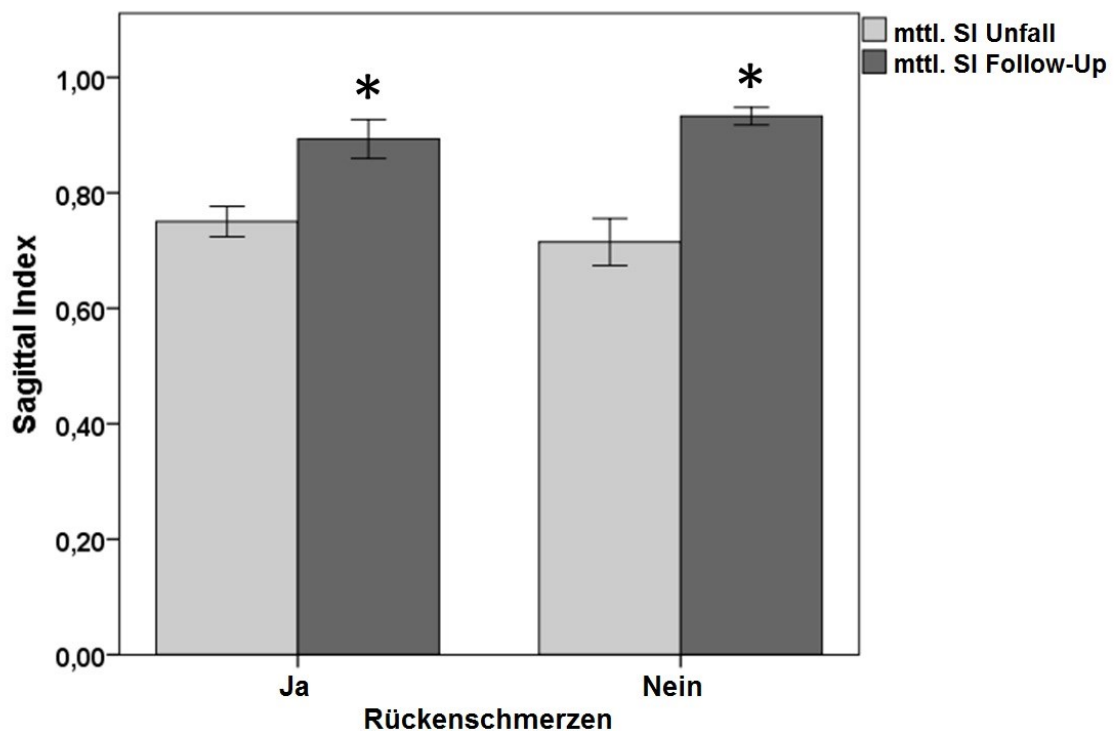


Abbildung 29: Vergleich des SI vom Unfall und vom Follow-up mit Rückenschmerzen und ohne Rückenschmerzen; * p < 0,05 vs. korrespondierendem SI Unfall

3.3 Auswertung der Scores/Fragebögen

3.3.1 VAS

Die durchschnittliche Punkteanzahl des VAS betrug 87,8 mit einer Spannweite von 53,2 bis 100. Der Median lag bei 89,5 und die Standardabweichung bei 14,1.

In Abbildung 30 ist die durchschnittlich erreichte Punktezahl des VAS pro Patient dargestellt. Die rote Linie markiert den Mittelwert der erreichten Punktezahl aller Follow-up Teilnehmer.

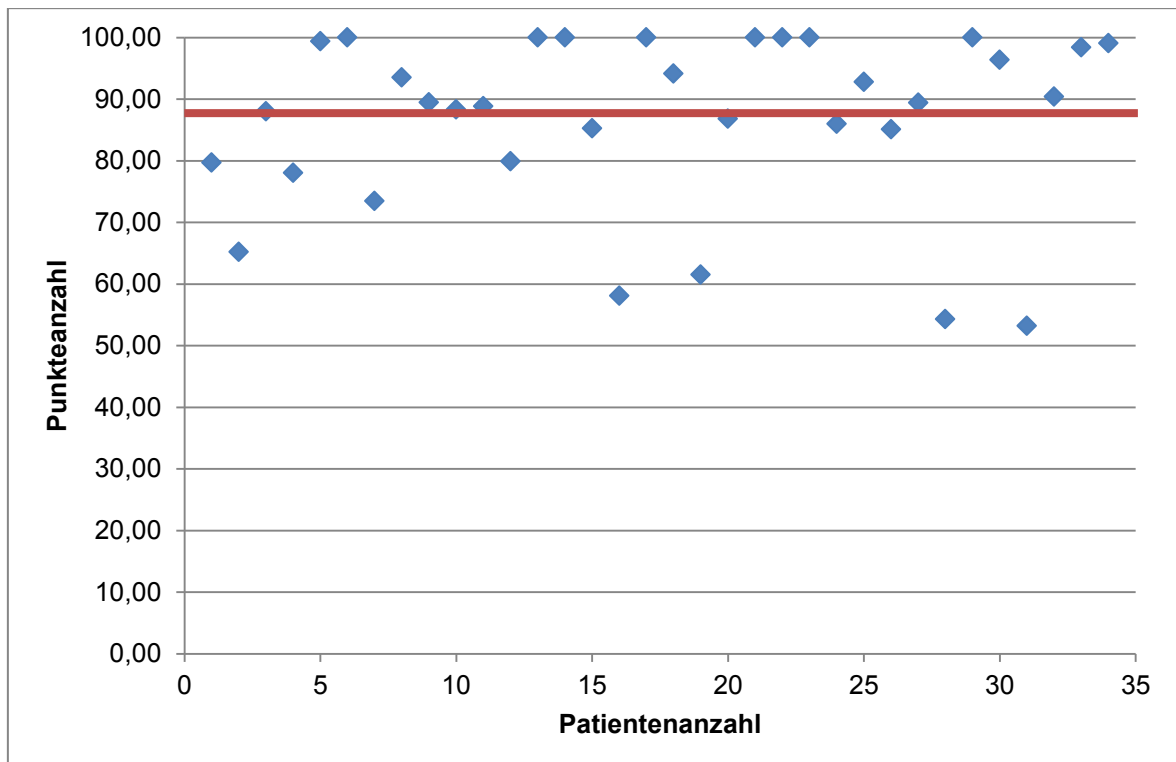


Abbildung 30: Durchschnittliche Punkteverteilung des VAS (die rote Linie markiert den Mittelwert der erreichten Punktezahl aller Patienten)

Abbildung 31 zeigt die Auswertung des VAS in die Schmerzgrade. Der Mittelwert aller Patienten lag im Bereich „leichte Schmerzen“.

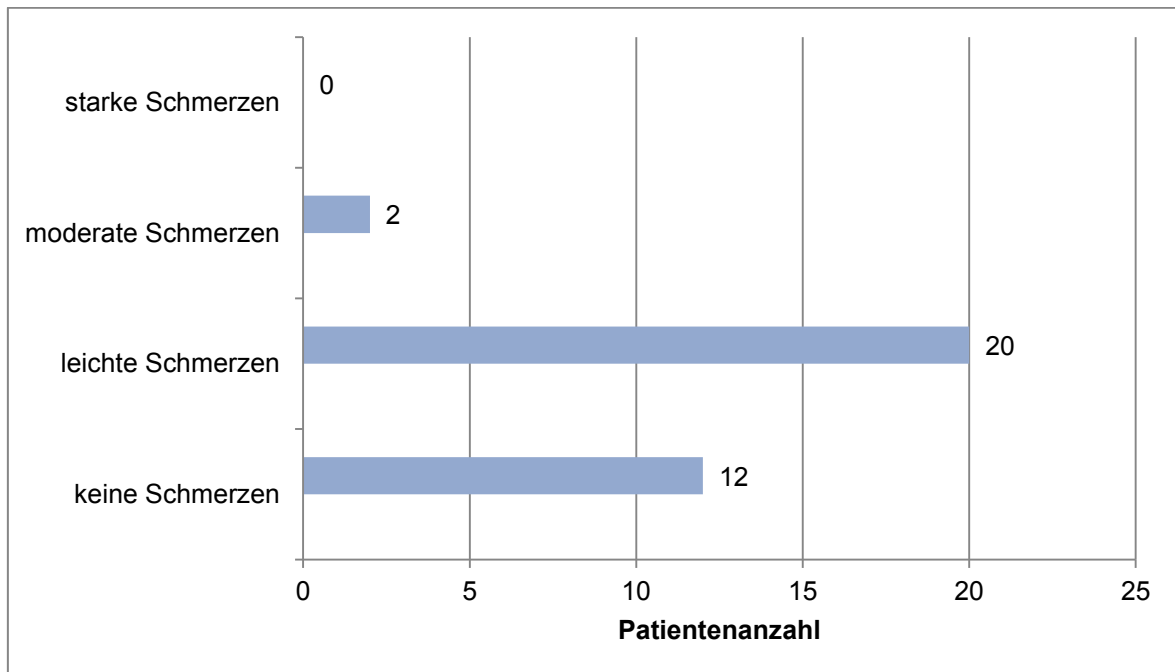


Abbildung 31: Einteilung des VAS nach Schmerzgraden

Der Großteil der 34 Patienten (n=20; 58,8%) gab an, leichte Schmerzen zu haben. 12 Patienten (35,3%) klagten über keine Schmerzen, im Gegensatz dazu hatten 2 Patienten (5,9%) moderate Schmerzen.

Im statistischen Vergleich der VAS-Werte mit den angegebenen Beschwerden bei der Nachuntersuchung war der mittlere VAS bei Patienten mit Beschwerden (n=18; Mittelwert 79,4; Median 85,2; Spannweite 53,2-100; Standardabweichung 15,1) signifikant niedriger ($p < 0,05$) als der mittlere VAS bei beschwerdefreien Patienten (n=16; Mittelwert 95,3; Median 98,7; Spannweite 79,7-100; Standardabweichung 6,2).

Die mittleren VAS-Werte bei Patienten mit Miedertherapie (n=17; Mittelwert 87,6; Median 94,2; Spannweite 54,3-100; Standardabweichung 15,9) unterschieden sich nicht von den mittleren VAS-Werten der Patienten ohne Miedertherapie (n=17; Mittelwert 86,2; Median 88,8; Spannweite 53,2-100; Standardabweichung 12,5). Die Miedertherapie scheint also keinen Einfluss auf die Langzeitbeschwerden nach Kompressionsfrakturen der Wirbelsäule zu haben.

3.3.2 ODI

Die durchschnittliche Punkteanzahl des ODI betrug 5,8 mit einer Spannweite von 0 bis 26 Punkte. Der Median war 4 und die Standardabweichung 6,6 Punkte.

Abbildung 32 zeigt die durchschnittlich erreichte Punktezahl des ODI pro Patient. Die rote Linie markiert den Mittelwert der erreichten Punktezahl aller Follow-up Teilnehmer.

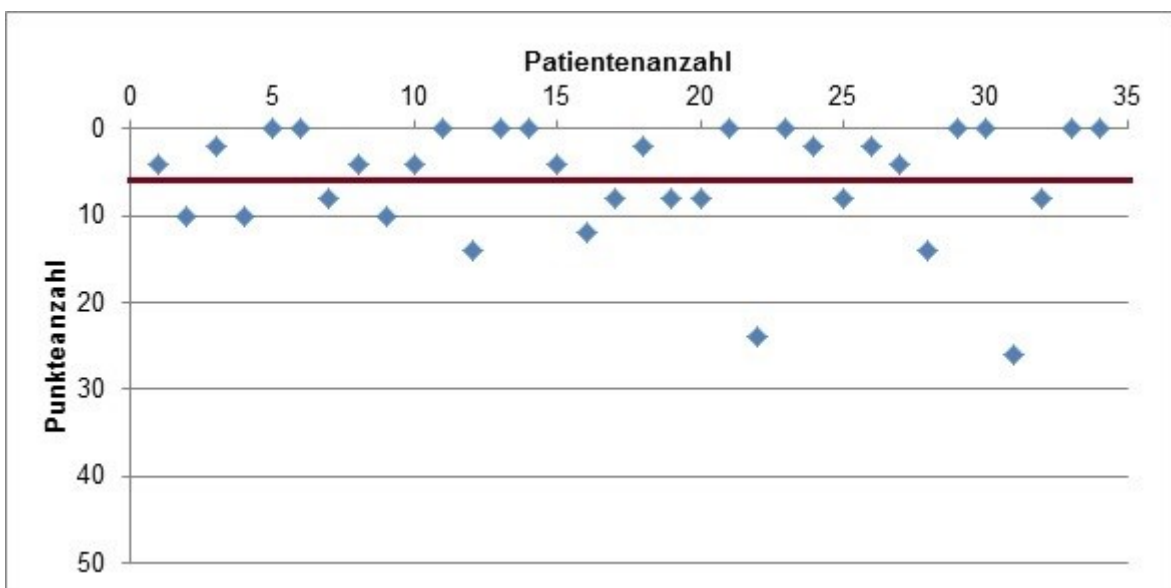


Abbildung 32: Durchschnittliche Punkteverteilung des ODI (die rote Linie markiert den Mittelwert der erreichten Punktezahl aller Patienten)

Abbildung 33 beschreibt die Einteilung der Patienten nach Auswertung in die Einschränkungsgrade des ODI. Der Mittelwert aller Patienten lag im Bereich „minimale Einschränkung“.

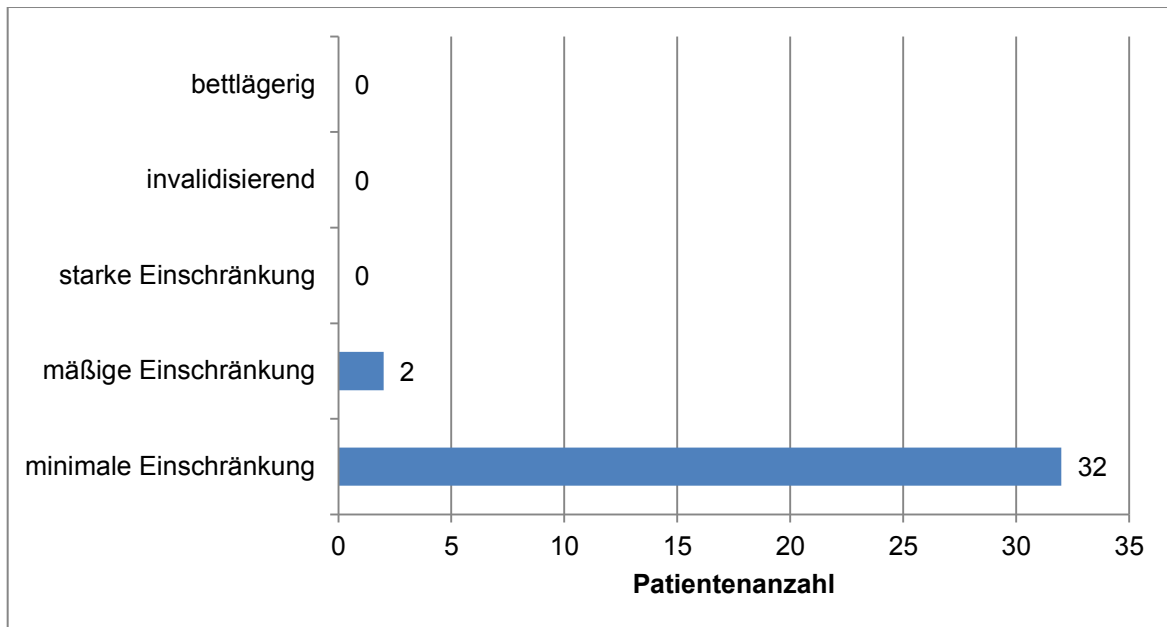


Abbildung 33: Einteilung des ODI nach Einschränkungsgraden

Die meisten der 34 Patienten (n=32; 94,1%) gaben an, eine minimale Einschränkung zu erleben. 2 Patienten (5,9%) beklagten eine mäßige Einschränkung im Alltag.

Der mittlere ODI der Patienten mit Beschwerden (n=18; Mittelwert 9,8; Median 8; Spannweite 2-26; Standardabweichung 6,6) war signifikant höher als der mittlere ODI der beschwerdefreien Patienten (n=16; Mittelwert 1,3; Median 0; Spannweite 0-8; Standardabweichung 2,3).

Im statistischen Vergleich des ODI von Patienten mit oder ohne Miedertherapie zeigten sich keine Unterschiede zwischen Patienten mit Miedertherapie (n=17; Mittelwert 5,5; Median 4; Spannweite 0-24; Standardabweichung 6,6) und Patienten ohne Miedertherapie (n=17; Mittelwert 6; Median 4; Spannweite 0-26; Standardabweichung 6,8).

3.3.3 SF-36

Die durchschnittliche Punkteanzahl der „körperlichen Gesundheit (KÖGE)“ betrug 86,2 (Spannweite 41,25-100; Median 91,3; Standardabweichung 14,7).

Abbildung 34 zeigt die durchschnittlich erreichte Punktezahl der „körperlichen Gesundheit (KÖGE)“ pro Patient.

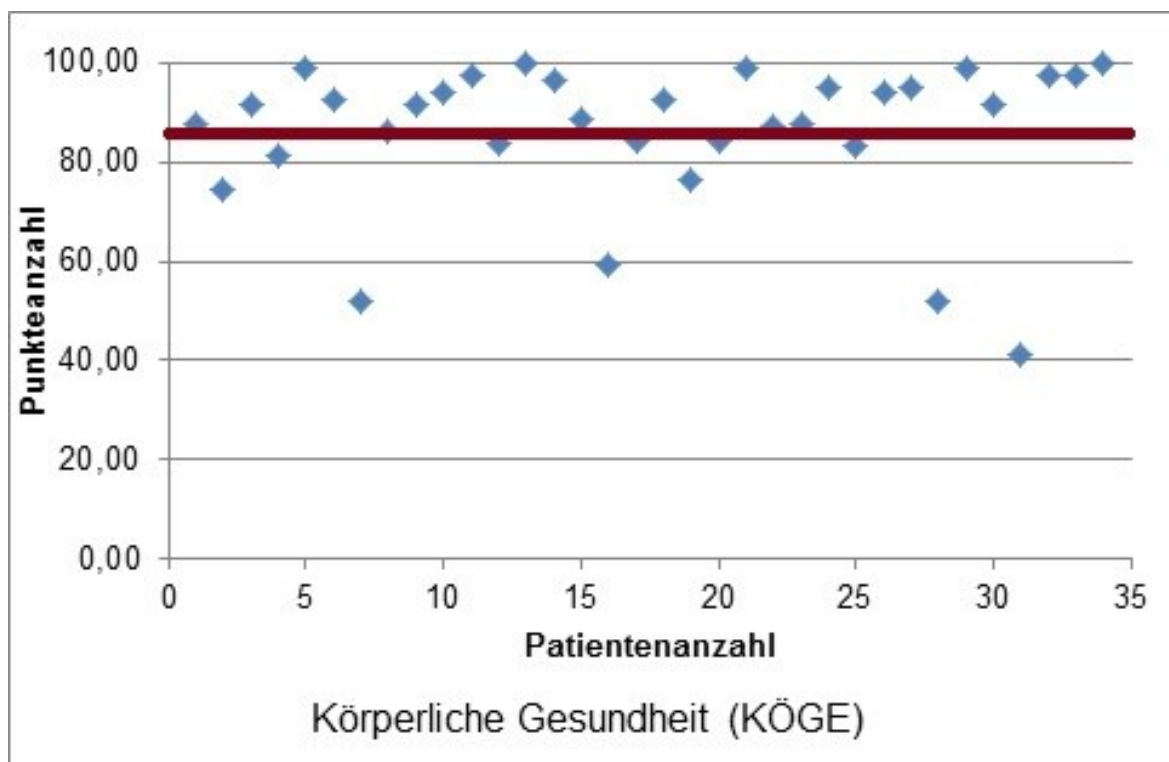


Abbildung 34: Durchschnittliche Punkteverteilung der KÖGE (die rote Linie markiert den Mittelwert der erreichten Punktezahl aller Patienten)

Tabelle 7 zeigt eine Zusammenfassung der 4 Dimensionen der KÖGE mit Mittelwert und Spannweite.

Dimensionen der KÖGE	Mittelwert	Spannweite
AGES	75,7	30-100
KÖFU	92,5	65-100
KÖRO	91,2	0-100
SCHM	85,3	45-100

Tabelle 7: Übersichtstabelle der 4 Dimensionen der KÖGE

Die durchschnittliche Punkteanzahl der „psychischen Gesundheit (PSYG)“ betrug 80,2 mit einer Spannweite von 32,25 bis 100. Der Median war 85,4 und die Standardabweichung 17,1 Punkte.

Abbildung 35 zeigt die durchschnittlich erreichte Punktezahl der „psychischen Gesundheit (PSYG)“ pro Patient.

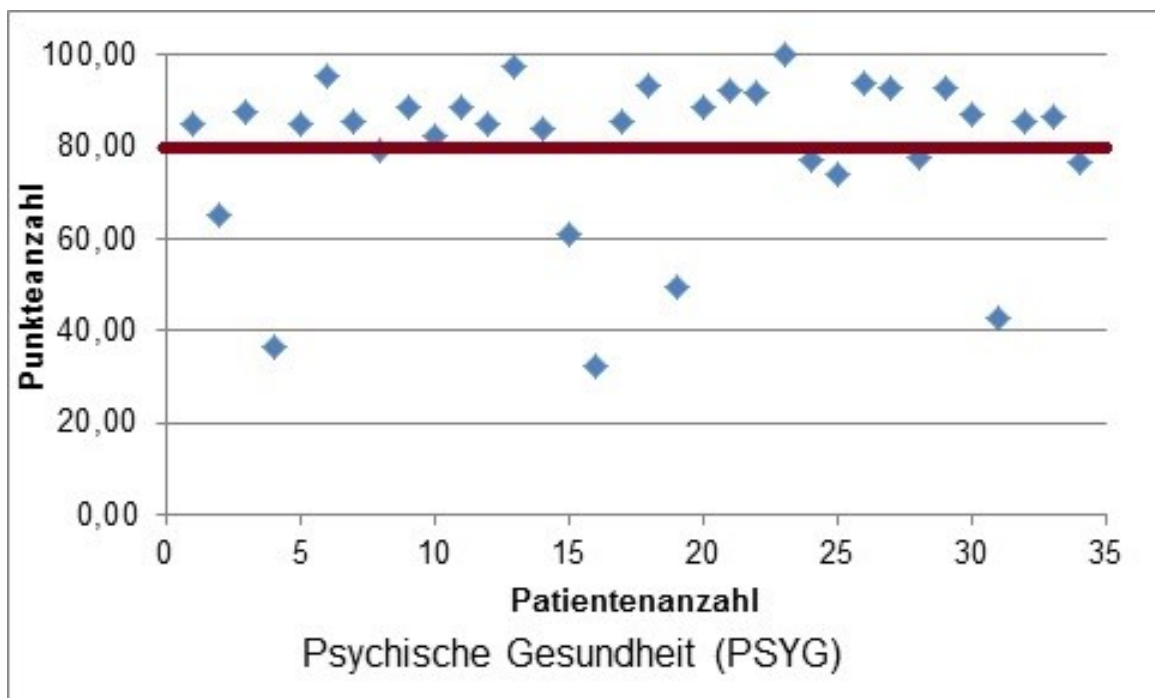


Abbildung 35: Durchschnittliche Punkteverteilung der PSYG (die rote Linie markiert den Mittelwert der erreichten Punktezahl aller Patienten)

Tabelle 8 zeigt eine Zusammenfassung der 4 Dimensionen der PSYG mit Mittelwert und Spannweite.

Dimensionen der PSYG	Mittelwert	Spannweite
EMRO	87,3	0-100
PSYW	76,2	24-100
SOFU	93,4	50-100
VITA	64,0	20-100

Tabelle 8: Übersichtstabelle der 4 Dimensionen der PSYG

Die „körperliche Gesundheit (KÖGE)“ wurde im Durchschnitt besser bewertet als die „psychische Gesundheit (PSYG)“.

3.4 Auswertung klinisch körperliche Untersuchung

3.4.1 Seitwärtsneigung

Durchschnittlich betrug die Seitwärtsneigung der Wirbelsäule nach links 37,4 Grad (Spannweite 30-40 Grad) und nach rechts 37,5 Grad (Spannweite 30-40 Grad). Es gab keine auffälligen Schwankungen.

3.4.2 Seitwärtsdrehung

Im Mittel betrug die Seitwärtsdrehung der Wirbelsäule nach links und nach rechts je 38,3 Grad (Spannweite 30-43 Grad) ohne auffällige Abweichungen.

3.4.3 Ott-Zeichen

Im Durchschnitt betrug das Ott-Zeichen der BWS bei Inklination 32,8 Zentimeter (Spannweite 31-35 cm) und bei Reklination 27,9 Zentimeter (Spannweite 27-29 cm).

3.4.4 Schober-Zeichen

Das durchschnittliche Schober-Zeichen der LWS lag bei Inklination bei 15,1 Zentimeter (Spannweite 15-16 cm) und bei Reklination 7,8 Zentimeter (Spannweite 7-9 cm). Es gab keine auffälligen Abnormitäten.

3.4.5 Finger-Boden-Abstand

Im Durchschnitt betrug der Finger-Boden-Abstand 1,8 Zentimeter mit einer Spannweite von -30 bis 35 Zentimeter, wobei bei „-30 Zentimeter“ der Anteil an Patienten gemeint ist, die mit mehr als den Fingerspitzen bis zur ganzen Handfläche oder mehr bei durchgestreckten Kniegelenken den Boden berühren konnten, und bei „35 Zentimeter“ der Anteil an Patienten, die bei durchgestreckten Kniegelenken den Boden mit den Fingerspitzen nicht erreichen konnten.

Abbildung 36 zeigt eine Übersicht des Finger-Boden-Abstands aller Follow-up Teilnehmer.

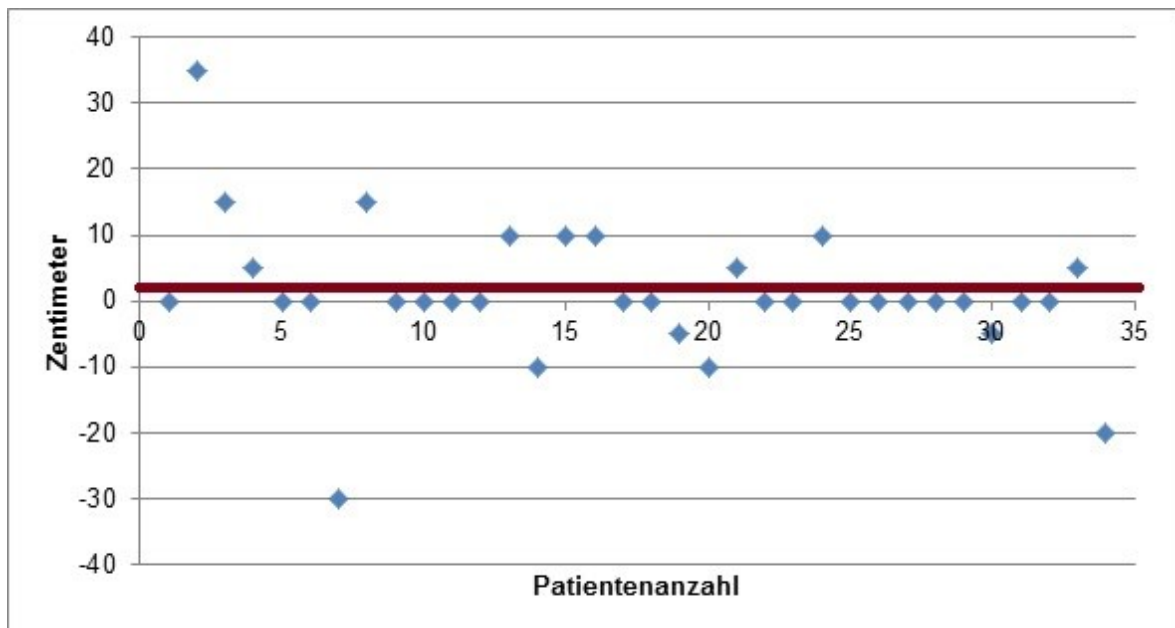


Abbildung 36: Übersicht des Finger-Boden-Abstands aller Patienten (die rote Linie markiert den Mittelwert der erreichten Punktezahl aller Patienten)

Den Normwert von 0-10 Zentimeter erreichten 25 Patienten (73,5%). 6 Patienten (17,7%) konnten mit mehr als nur den Fingerspitzen den Boden berühren, während 3 Patienten (8,8%) mehr als 10 Zentimeter vom Boden mit den Fingerspitzen entfernt waren.

4 Diskussion

Die vorliegende Studie sollte zeigen, ob sich stabile Kompressionsfrakturen der thorakolumbalen Wirbelsäule bei Kindern und Jugendlichen im weiteren Verlauf unter konservativer Therapie selbständig wieder aufrichten können. Es wurde auch untersucht, ob die Miedertherapie das Remodellierungspotential nach Kompressionsfrakturen der BWS und/oder LWS beeinflussen kann oder nicht.

Die Begriffe Remodelling oder Remodellierungspotential werden in einigen Literaturangaben erwähnt. Pfeil schreibt über eine gewisse Kompensation der benachbarten Wirbelsäulenabschnitte bei traumatischen Deformitäten im Wachstumsalter (14). Ruckstuhl und Jani behaupten, dass das Wachstumspotential zum Aufrichten des Keilwirbels von der betroffenen Wachstumszone und vom entstehenden Druck abhängt (28). Für Hasler und Jeanneret sind die Spontankorrektur hauptsächlich durch das Wirbelsäulenrestwachstum der komprimierten Wirbel gegeben (4). Pouliquen et al. beschreiben in ihrer Langzeitstudie, dass es sowohl bei Keilwirbel mit Keilwinkel unter 10 Grad zu einer Spontankorrektur als auch bei unter 10 jährigen Kindern mit bis zu 50% Höhenminderung zu einem ausgeprägtem Remodelling kommen kann (19). Auch Schinkel und Muhr sind der Meinung, dass ein gewisses Korrekturpotential in der sagittalen Ebene auftritt (5). Insgesamt gibt es einige Studien, in denen das Remodellierungspotential der Wirbelsäule beschrieben wird.

Die konservative Therapie von stabilen Kompressionsfrakturen wird in der Literatur mit positiven Ergebnissen und gutem Remodelling beschrieben (10, 27), aber es gibt nur wenige vergleichbare Studien über das Langzeitoutcome verschiedener konservativer Therapieoptionen (nach Böhler, nach Magnus oder reine Miedertherapie) (26).

In der retrospektiven Studie wurden 72 Patienten analysiert, wobei sich eine leichte männliche Dominanz zeigte und das Durchschnittsalter zum Zeitpunkt des Unfalls bei 12,0 Jahren lag. Zwischen 10 und 14 Jahren bestand das größte Risiko für eine Kompressionsfraktur. Das entspricht anderen Studien mit vergleichbaren Ergebnissen (4, 7, 10). Bei Kraus et al. wurden 86 Patienten mit einem

Durchschnittsalter von 11,9 Jahren in die Studie aufgenommen, die im Vergleich zu unserer Studie eine weibliche Dominanz aufzeigte (3), ebenso wie bei Hadley et al. (17). In einer anderen Studie wurden 50 Patienten mit einem mittleren Alter beim Unfall von 11,4 Jahre und ausgeglichenem Geschlechteranteil inkludiert (25). Santiago et al. kommen auf ein mittleres Alter von 11,0 Jahren bei mehrheitlich männlichen Patienten (39).

Die Unfallmechanismen (Freizeit-/Spiel- und Sportunfälle, Stürze aus > und < 1,5 m auf die Wirbelsäule, Verkehrsunfälle) unserer Studie wurden auch in anderen Studien bis auf Stürze < 1,5 m verwendet (2–5, 7, 15–18). Es zeigte sich im Vergleich zu unseren Ergebnissen, dass Verletzungen der thorakolumbalen Wirbelsäule durch Freizeit-/Spiel- und Sportunfälle in anderen Studien etwa die Hälfte der Unfälle ausmachen und Verletzungen durch Stürze aus > 1,5 m auf die Wirbelsäule und Verkehrsunfälle häufiger vorkommen als bei unserer Studie. Bei einigen Langzeitstudien wurden Verkehrsunfälle als häufigster Unfallmechanismus an der Wirbelsäule beschrieben (16, 40). Leroux et al. kommen im Vergleich dazu auf eine Unfallrate von 94% bei Freizeit-/Spiel- und Sportverletzungen (25).

133 Frakturen wurden an der thorakolumbalen Wirbelsäule festgestellt. Ähnliche Ergebnisse von 141 Frakturen liegen bei Dogan et al. vor (7). Die BWS war zu 73,6% allein betroffen und die LWS zu 18,1%. In einer anderen Studie betrug der thorakale Anteil an die 85% (3). Die Autoren fanden isolierte BWS-Frakturen in 46% und isolierte LWS-Frakturen in 29,8% der Patienten (7). Eine Kombination aus BWS und LWS Frakturen fand sich lediglich bei 8,3%. Bei Santiago et al. war auch die BWS zu ca. Zweidrittel betroffen, gefolgt von knapp einem Drittel der LWS und nur wenige Kombinationsfrakturen von BWS und LWS (39). Im Median wurden 2 Wirbelkörper frakturiert. Am häufigsten fanden sich 1 und 2 Kompressionsfrakturen pro Patient. Das ergab ein niedrigeres Ergebnis als bei anderen Studien, wo im Schnitt 2 oder mehr Frakturen pro Patient auftraten (5, 19, 40–42).

In der vorliegenden Studie fanden sich vergleichbar mit anderen Publikationen 2 Häufigkeitsgipfel in Bezug auf die Lokalisation (4, 12, 18). Die mittlere thorakale Wirbelsäule (BWK 5-7) und der thorakolumbale Übergang (BWK 12, LWK 1) waren in unserer Studie am häufigsten betroffen. Im Vergleich dazu waren bei Kraus et al. BWK 5-8 und BWK 11-LWK 2 die relevant betroffenen Wirbelgruppen

der 2 Häufigkeitsgipfel (3). Bei männlichen Patienten waren der mittlere thorakale Bereich (BWK 5-9) und der thorakolumbale Übergang (BWK 12, LWK 1) die 2 häufigsten Regionen, bei weiblichen Patienten waren BWK 5-6, BWK 11 und LWK 1 die 3 häufigsten Frakturbereiche. Summa summarum war BWK 6 der am häufigsten frakturierte Wirbel, gefolgt von LWK 1. Da wir nur Typ A1 Kompressionsfrakturen nach der AO-Klassifikation nach Magerl (8) begutachtet haben, ist es hier schwer einen Vergleich mit anderen Langzeitstudien zu ziehen, da diese eigentlich fast immer den Hauptaugenmerk auf verschiedenste Frakturen nach Magerl (8) oder andere Klassifikationen gelegt hatten (3, 7, 15–17, 25, 40).

Der SI zum Zeitpunkt des Unfalls betrug im Mittel 0,76 und zeigte bis zur letzten radiologischen Kontrolle einen signifikanten Anstieg auf zumindest durchschnittliche 0,79 über einen durchschnittlichen Zeitraum von 5,3 Monaten. Einige Patienten zeigten schon bei der letzten radiologischen Kontrolle keinen sichtbaren Unterschied zu den vergleichbaren gesunden Wirbeln, da der SI auf 1 angestiegen war und das Maximum erreicht hatte. Das spricht für ein sehr gutes Korrekturpotential. Man kann den Durchschnittswert des SI nicht mit anderen Studien vergleichen (30), da dort verschiedenste Frakturen vermessen wurden.

26,4% aller 72 Patienten hatten weitere Verletzungen erlitten. Vom Polytrauma über Comotio cerebri bis zum stumpfen Bauchtrauma waren viele verschiedene Begleitverletzungen aufgetreten. Es ergab allerdings, dass Verkehrsunfälle, Stürze aus mehr als 1,5 m Höhe und Sportunfälle, die bei geschwindigkeitsreichen Sportarten entstehen, fast zu 100% mit Begleitverletzungen assoziiert sind. In anderen Studien zeigte sich ein insgesamt deutlich höherer Anteil an Begleitverletzungen (7, 15, 39–41). Bei unserer Studie waren sämtliche Patienten neurologisch unauffällig.

Der Großteil der Patienten mit Kompressionsfrakturen der thorakolumbalen Wirbelsäule wurde stationär behandelt. Die Miedertherapie wurde in etwas mehr als die Hälfte der Fälle angewandt, die restlichen Patienten wurden mit strikter Bettruhe und adäquater Analgesie versorgt. Slotkin et al. beschreiben ein gutes Ergebnis bei konservativen Therapien (10). Auch bei Arbes et al. wurden immerhin 80,3% der Patienten konservativ therapiert (15), bei Kraus et al. lag der Anteil an konservativen Behandlungen bei 90% (3). Auch bei anderen Studien konnte der Großteil der Patienten konservativ therapiert werden (17).

Bei 12,5% der Patienten waren nach Therapieende immer noch klinische Beschwerden vorhanden. Es könnte aus diesem Grund die Therapie zu früh beendet worden sein oder auch Wirbelsäulenschmerzen im Wachstum aufgetreten sein. Haltungsschäden oder andere Wirbelsäulenerkrankungen könnten auch ausschlaggebend sein.

An der Follow-up Untersuchung haben 34 Patienten teilgenommen, das einer Quote von knapp unter 50% entspricht. Während das durchschnittliche Unfallalter bei 12,0 Jahren geblieben ist, waren mehr weibliche als männliche Patienten zur Nachuntersuchung gekommen. Bei Kraus et al. lag der Anteil an der Nachuntersuchung bei 77,9% (3).

Das mittlere Alter zur Nachuntersuchung betrug 20 Jahre, und es vergingen im Schnitt 95,2 Monate vom Unfalltag und 90 Monate seit der letzten radiologischen Kontrolle bis zum Follow-up.

Die Miedertherapie und die Alternative mit strikter Bettruhe und adäquater Analgesie wurden zu je 50% angewandt.

Der SI zum Zeitpunkt des Unfalls betrug bei den Follow-up Teilnehmern im Mittel 0,74 und zeigte bis zur letzten radiologischen Kontrolle einen signifikanten Anstieg auf zumindest durchschnittliche 0,78 über einen durchschnittlichen Zeitraum von 4,8 Monaten. Einige Patienten zeigten auch schon bei der letzten radiologischen Kontrolle keinen sichtbaren Unterschied zu den vergleichbaren gesunden Wirbeln. Der mittlere SI bei der Nachuntersuchung lag bei 0,92, was wiederum eine signifikante Zunahme bedeutete und somit auf ein gutes Remodellierungspotential hindeuten ließ. Es kam auch unabhängig von einer Miedertherapie zu einem signifikanten Remodelling. Patienten jünger als 12 Jahre zeigten ein größeres Remodellierungspotential verglichen mit Patienten über 12 Jahren.

Bei der Nachuntersuchung gaben 18 Patienten, das sind mehr als die Hälfte, an, dass sie an Rückenschmerzen leiden. Da es bei Therapieende nur 3 Patienten waren, die noch an Schmerzen litten, und damit ein enormer Anstieg vorliegt, wollten wir das in Bezug auf den Remodellierungsprozess abklären. Dies ergab jedoch, dass die Faktoren Rückenschmerzen und Remodelling nicht zusammenhängen. Bei der Follow-up Untersuchung von Kraus et al. gab auch fast ein Viertel der Patienten noch leichte Beschwerden an (3). In diesem Fall könnte

die Therapie zu früh beendet worden sein, die Patienten haben nicht compliant bei der Physiotherapie oder bei selbstständigen Übungen agiert, oder es könnte auch mit Wirbelsäulenschmerzen im Wachstum zu tun haben. Auch Haltungsschäden oder andere Wirbelsäulenerkrankungen könnten ausschlaggebend sein. Insgesamt ist es also schwierig zu argumentieren, ob die Wirbelsäulenfraktur per se ursächlich mit den Rückenschmerzen zusammenhängt.

Aus den Scores/Fragebögen gewannen wir die Ansicht, dass Rückenschmerzen schon ein alltägliches Problem in jungen Jahren darstellen.

Der VAS zeigte im Mittel, dass die meisten Patienten ständig leichte Schmerzen haben. Nur wenige gaben keine Schmerzen an. Die 18 beschwerdereichen Patienten der Follow-up Untersuchung hatten auch im Schnitt leichte Schmerzen, während die 16 beschwerdefreien Patienten auch im Durchschnitt keine Schmerzen zeigten. Weiter scheint die Miedertherapie keinen Einfluss auf Langzeitbeschwerden nach Kompressionsfrakturen der thorakolumbalen Wirbelsäule zu haben.

Auch der ODI zeigte im Mittel, dass die meisten Patienten ständig eine minimale Einschränkung erleben. Die 18 beschwerdereichen Patienten waren im Mittel mehr im Alltag eingeschränkt als die 16 beschwerdefreien Patienten. Es scheint die Miedertherapie auch beim ODI keinen Einfluss auf Langzeitbeschwerden nach Kompressionsfrakturen der thorakolumbalen Wirbelsäule zu haben.

Der SF-36 verdeutlichte in Bezug auf die Lebensqualität, dass die Follow-up Teilnehmer eine gute körperliche Gesundheit eher angeben als eine psychische Gesundheit. Das könnte bedeuten, dass viele Patienten in alltäglichen Aktivitäten eingeschränkt sind, sodass das dann auf die Psyche schlägt und sie sich immer mehr aus dem Sozialleben zurückziehen. Ein wichtiger Punkt war die niedrige mittlere Punktezahl der Dimension Vitalität, die zur psychischen Gesundheit zählt. Ohne Antrieb scheint es schwierig, sich zu überwinden aus dem Tief wieder herauszukommen. Insgesamt scheinen viele Patienten psychische Probleme zu haben, die sie nicht ansprechen, und sich selbst damit herumquälen.

Die klinisch körperlichen Untersuchungen ergaben im Schnitt keine besonderen Abweichungen von der Norm. Nur der Funktionstest Finger-Boden-Abstand war breiter gestreut. Die meisten Patienten erreichten die Norm ohne Probleme. Einige waren über die Norm hinaus sehr gelenkig und konnten sich mit der Handfläche bei durchgestreckten Kniegelenken auf dem Boden abstützen. Nur 3 hatten Schwierigkeiten bis auf 10 Zentimeter an den Boden heranzukommen.

4.1 Schlussfolgerung

Kinder und Jugendliche mit Kompressionsfrakturen der thorakolumbalen Wirbelsäule zeigen ein signifikantes Remodellierungspotential unabhängig von einer Miedertherapie, aber abhängig vom Alter. Es scheint jedoch, dass viele der Patienten im weiteren Verlauf an Schmerzen und Beschwerden hinzugewinnen. Das könnte ein Anstoß dafür sein, dass in Zukunft der Therapiezeitraum verlängert werden sollte. Weiter zeigt es auch, dass eine für ein Kind oder Jugendlichen mühsame und langwierige Miedertherapie nicht mit aller Kraft durchgezogen werden muss, sondern nur in Ausnahmefällen und bei besonderer Konstellation der Wirbelsäulenverletzung eingesetzt werden sollte.

5 Literaturverzeichnis

1. Schalamon J, Dampf S, Singer G, Ainoedhofer H, Petnehazy T, Hoellwarth ME et al. Evaluation of Fractures in Children and Adolescents in a Level I Trauma Center in Austria. *The Journal of Trauma: Injury, Infection, and Critical Care* 2011; 71(2):E19.
2. Stulik J, Pesl T, Kryl J, Vyskocil T, Sebesta P, Havranek P. Spinal injuries in children and adolescents. *Acta Chir Orthop Traumatol Cech* 2006; 73(5):313–20.
3. Kraus R, Stahl J, Heiss C, Horas U, Dongowski N, Schnettler R. Frakturen der Brust- und Lendenwirbelsäule im Wachstumsalter. *Unfallchirurg* 2013; 116(5):435–41.
4. Hasler C, Jeanneret B. Pediatric spinal injuries. *Orthopade* 2002; 31(1):65–73.
5. Schinkel C, Muhr G. Kindliche Wirbelfrakturen. *Trauma Berufskrankh* 2005; 7(1):42–6.
6. Hirner A, Weise K. *Chirurgie (inkl. CD-ROM)*. 2., aktualis. Aufl. Stuttgart: Thieme; 2008.
7. Dogan S, Safavi-Abbasi S, Theodore N, Chang SW, Horn EM, Mariwalla NR et al. Thoracolumbar and sacral spinal injuries in children and adolescents: a review of 89 cases. *J Neurosurg* 2007; 106(6 Suppl):426–33.
8. Magerl F, Aebi M, Gertzbein SD, Harms J, Nazarian S. A comprehensive classification of thoracic and lumbar injuries. *Eur Spine J* 1994; 3(4):184–201.
9. Rockwood CA, Wilkins KE, Beaty JH, Kasser JR. *Rockwood and Wilkins' fractures in children*. 6th ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2006.
10. Slotkin JR, Lu Y, Wood KB. Thoracolumbar spinal trauma in children. *Neurosurg Clin N Am* 2007; 18(4):621–30.
11. Anderhuber F, Fanghänel J, Nitsch R, Pera F, Waldeyer A. *Waldeyer - Anatomie des Menschen*. 19., Aufl. Berlin: de Gruyter; 2012. (de Gruyter : Studium).
12. Bühren V, Josten C. *Chirurgie der verletzten Wirbelsäule: Frakturen, Instabilitäten, Deformitäten*. Berlin: Springer; 2013. (SpringerLink : Bücher).

13. Niethard FU, Carstens C. Kinderorthopädie. 2., aktualisierte und erw. Aufl. Stuttgart [u.a.]: Thieme; 2009.
14. Pfeil J. Spinal growth under physiological and pathological conditions. Orthopade 2002; 31(1):2–10.
15. Arbes S, Platzer P, Vecsei V. Frakturen des thorakolumbalen Übergangs im Kindes- und Jugendalter. Unfallchirurg 2012; 115(12):1070–5.
16. Hamilton MG, Myles ST. Pediatric spinal injury: review of 174 hospital admissions. J Neurosurg 1992; 77(5):700–4.
17. Hadley MN, Zabramski JM, Browner CM, Rekate H, Sonntag VK. Pediatric spinal trauma. Review of 122 cases of spinal cord and vertebral column injuries. J Neurosurg 1988; 68(1):18–24.
18. Hefti F, Brunner R. Kinderorthopädie in der Praxis. Berlin: Springer; 1998.
19. Pouliquen JC, Kassis B, Glorion C, Langlais J. Vertebral growth after thoracic or lumbar fracture of the spine in children. J Pediatr Orthop 1997; 17(1):115–20.
20. Ertl-Wagner B. Pädiatrische Neuroradiologie. Berlin, New York: Springer; 2007.
21. Börm W, Ghezala KB, Meyer F, Roosen K, Sonntag, Volker K. H. Spinale Neurochirurgie: Operatives Management von Wirbelsäulenerkrankungen ; mit 107 Tabellen. Stuttgart [u.a.]: Schattauer; 2009.
22. Kerslake RW, Jaspan T, Worthington BS. Magnetic resonance imaging of spinal trauma. Br J Radiol 1991; 64(761):386–402.
23. Green, R A R, Saifuddin A. Whole spine MRI in the assessment of acute vertebral body trauma. Skeletal Radiol 2004; 33(3):129–35.
24. Sledge JB, Allred D, Hyman J. Use of magnetic resonance imaging in evaluating injuries to the pediatric thoracolumbar spine. J Pediatr Orthop 2001; 21(3):288–93.
25. Leroux J, Vivier P, Ould Slimane M, Foulongne E, Abu-Amara S, Lechevallier J et al. Early diagnosis of thoracolumbar spine fractures in children. A prospective study. Orthop Traumatol Surg Res 2013; 99(1):60–5.
26. Bühren V. Verletzungen der Brust- und Lendenwirbelsäule. Der Unfallchirurg 2003; 106(1):55-68; quiz 68-9.

27. Parisini P, Di Silvestre M, Gregg T. Treatment of spinal fractures in children and adolescents: long-term results in 44 patients. *Spine (Phila Pa 1976)* 2002; 27(18):1989–94.
28. Ruckstuhl HJ, Jani L. Vertebral fractures in childbirth and adolescents. *Orthopade* 1980; 9(1):69–76.
29. Beck E. Radiographic measuring methods in vertebral fractures. *Hefte Unfallheilkd* 1971; 108:36–7.
30. Knop C, Blauth M, Bühren V, Hax P, Kinzl L, Mutschler W et al. Operative Behandlung von Verletzungen des thorakolumbalen Übergangs. *Der Unfallchirurg* 2000; 103(12):1032–47.
31. Jensen MP, Chen C, Brugger AM. Interpretation of visual analog scale ratings and change scores: a reanalysis of two clinical trials of postoperative pain. *J Pain* 2003; 4(7):407–14.
32. Williamson A, Hoggart B. Pain: a review of three commonly used pain rating scales. *J Clin Nurs* 2005; 14(7):798–804.
33. Knop C, Oeser M, Bastian L, Lange U, Zdichavsky M, Blauth M. Development and validation of the Visual Analogue Scale (VAS) Spine Score. *Unfallchirurg* 2001; 104(6):488–97.
34. Schomacher J. Gütekriterien der visuellen Analogskala zur Schmerzbewertung. *physioscience* 2008; 4(03):125–33.
35. Osthus H, Cziske R, Jacobi E. Cross-cultural adaptation of a German version of the Oswestry Disability Index and evaluation of its measurement properties. *Spine (Phila Pa 1976)* 2006; 31(14):E448-53.
36. Bullinger M, Kirchberger I, Ware J. Der deutsche SF-36 Health Survey Übersetzung und psychometrische Testung eines krankheitsübergreifenden Instruments zur Erfassung der gesundheitsbezogenen Lebensqualität. *J Public Health* 1995; 3(1):21–36.
37. Imhoff AB, Baumgartner R, Linke RD. Checkliste Orthopädie: 47 Videos. 3., vollst. überarb. Aufl. Stuttgart [u.a.]: Thieme; 2014. (Checklisten der aktuellen Medizin).

38. Niethard FU, Pfeil J, Biberthaler P. Orthopädie und Unfallchirurgie. 7., überarb. Aufl. Stuttgart: Thieme; 2014. (Duale Reihe).
39. Santiago R, Guenther E, Carroll K, Junkins EP. The clinical presentation of pediatric thoracolumbar fractures. *The Journal of trauma* 2006; 60(1):187–92.
40. Leonard M, Sproule J, McCormack D. Paediatric spinal trauma and associated injuries. *Injury* 2007; 38(2):188–93.
41. Mahan ST, Mooney DP, Karlin LI, Hresko MT. Multiple level injuries in pediatric spinal trauma. *The Journal of trauma* 2009; 67(3):537–42.
42. Carreon LY, Glassman SD, Campbell MJ. Pediatric spine fractures: a review of 137 hospital admissions. *J Spinal Disord Tech* 2004; 17(6):477–82.

Anhang – Scores/Fragebögen

1. VAS

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

2. ODI

Name: _____ Geburtsdatum: _____ Datum: _____

Bitte füllen Sie diesen Fragebogen aus. Er soll uns darüber informieren, wie Ihre Rücken-Probleme Ihre Fähigkeit beeinflussen, den Alltag zu bewältigen. Wir bitten Sie, jeden Abschnitt zu beantworten. Kreuzen Sie in jedem Abschnitt nur die Aussage an, die Sie heute am besten beschreibt.

Abschnitt 1: Schmerzstärke

- 0 Ich habe momentan keine Schmerzen
- 1 Die Schmerzen sind momentan sehr schwach
- 2 Die Schmerzen sind momentan mässig
- 3 Die Schmerzen sind momentan ziemlich stark
- 4 Die Schmerzen sind momentan sehr stark
- 5 Die Schmerzen sind momentan so schlimm wie nur vorstellbar

Abschnitt 2: Körperpflege (Waschen, Anziehen etc.)

- 0 Ich kann meine Körperpflege normal durchführen, ohne dass die Schmerzen dadurch stärker werden
- 1 Ich kann meine Körperpflege normal durchführen, aber es ist schmerzhaft
- 2 Meine Körperpflege durchzuführen ist schmerzhaft, und ich bin langsam und vorsichtig
- 3 Ich brauche bei der Körperpflege etwas Hilfe, bewältige das meiste aber selbst
- 4 Ich brauche täglich Hilfe bei den meisten Aspekten der Körperpflege
- 5 Ich kann mich nicht selbst anziehen, wasche mich mit Mühe und bleibe im Bett

Abschnitt 3: Heben

- 0 Ich kann schwere Gegenstände heben, ohne dass die Schmerzen dadurch stärker werden
- 1 Ich kann schwere Gegenstände heben, aber die Schmerzen werden dadurch stärker
- 2 Schmerzen hindern mich daran, schwere Gegenstände vom Boden zu heben, aber es geht, wenn sie geeignet stehen (z.B. auf einem Tisch)
- 3 Schmerzen hindern mich daran, schwere Gegenstände zu heben, aber ich kann leichte bis mittelschwere Gegenstände heben, wenn sie geeignet stehen
- 4 Ich kann nur sehr leichte Gegenstände heben
- 5 Ich kann überhaupt nichts heben oder tragen

Abschnitt 4: Gehen

- 0 Schmerzen hindern mich nicht daran, so weit zu gehen, wie ich möchte
- 1 Schmerzen hindern mich daran, mehr als 1-2 km zu gehen
- 2 Schmerzen hindern mich daran, mehr als 0.5 km zu gehen
- 3 Schmerzen hindern mich daran, mehr als 100 m zu gehen
- 4 Ich kann nur mit einem Stock oder Krücken gehen
- 5 Ich bin die meiste Zeit im Bett und muss mich zur Toilette schleppen

Abschnitt 5: Sitzen

- 0 Ich kann auf jedem Stuhl so lange sitzen wie ich möchte
- 1 Ich kann auf meinem Lieblingsstuhl so lange sitzen wie ich möchte
- 2 Schmerzen hindern mich daran, länger als 1 Stunde zu sitzen
- 3 Schmerzen hindern mich daran, länger als eine halbe Stunde zu sitzen
- 4 Schmerzen hindern mich daran, länger als 10 Minuten zu sitzen
- 5 Schmerzen hindern mich daran, überhaupt zu sitzen

Abschnitt 6: Stehen

- 0 Ich kann so lange stehen wie ich möchte, ohne dass die Schmerzen dadurch stärker werden
- 1 Ich kann so lange stehen wie ich möchte, aber die Schmerzen werden dadurch stärker
- 2 Schmerzen hindern mich daran, länger als 1 Stunde zu stehen
- 3 Schmerzen hindern mich daran, länger als eine halbe Stunde zu stehen
- 4 Schmerzen hindern mich daran, länger als 10 Minuten zu stehen
- 5 Schmerzen hindern mich daran, überhaupt zu stehen

Abschnitt 7: Schlafen

- 0 Mein Schlaf ist nie durch Schmerzen gestört
- 1 Mein Schlaf ist gelegentlich durch Schmerzen gestört
- 2 Ich schlafe auf Grund von Schmerzen weniger als 6 Stunden
- 3 Ich schlafe auf Grund von Schmerzen weniger als 4 Stunden
- 4 Ich schlafe auf Grund von Schmerzen weniger als 2 Stunden
- 5 Schmerzen hindern mich daran, überhaupt zu schlafen

Abschnitt 8: Sexualleben (falls zutreffend)

- 0 Mein Sexualleben ist normal, und die Schmerzen werden dadurch nicht stärker
- 1 Mein Sexualleben ist normal, aber die Schmerzen werden dadurch stärker
- 2 Mein Sexualleben ist nahezu normal, aber sehr schmerzhaft
- 3 Mein Sexualleben ist durch Schmerzen stark eingeschränkt
- 4 Ich habe auf Grund von Schmerzen fast kein Sexualleben
- 5 Schmerzen verhindern jegliches Sexualleben

Abschnitt 9: Sozialleben

- 0 Mein Sozialleben ist normal, und die Schmerzen werden dadurch nicht stärker
- 1 Mein Sozialleben ist normal, aber die Schmerzen werden dadurch stärker
- 2 Schmerzen haben keinen wesentlichen Einfluss auf mein Sozialleben, ausser dass sie meine eher aktiven Interessen, z.B. Sport einschränken
- 3 Schmerzen schränken mein Sozialleben ein, und ich gehe nicht mehr so oft aus
- 4 Schmerzen schränken mein Sozialleben auf mein Zuhause ein
- 5 Ich habe auf Grund von Schmerzen kein Sozialleben

Abschnitt 10: Reisen

- 0 Ich kann überallhin reisen, und die Schmerzen werden dadurch nicht stärker
- 1 Ich kann überallhin reisen, aber die Schmerzen werden dadurch stärker
- 2 Trotz starker Schmerzen kann ich länger als 2 Stunden unterwegs sein
- 3 Ich kann auf Grund von Schmerzen höchstens 1 Stunde unterwegs sein
- 4 Ich kann auf Grund von Schmerzen nur kurze notwendige Fahrten unter 30 Minuten machen
- 5 Schmerzen hindern mich daran, Fahrten zu machen, ausser zur medizinischen Behandlung

3. SF-36

Fragebogen zum Gesundheitszustand (SF-36)

In diesem Fragebogen geht es um Ihre 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 folgenden Fragen, indem Sie bei den Antwortmöglichkeiten die Zahl ankreuzen, die am besten auf Sie zutrifft.

1. Wie würden Sie Ihren Gesundheitszustand im Allgemeinen beschreiben ?

(Bitte kreuzen Sie nur eine Zahl an)

- Ausgezeichnet..... 1
- Sehr gut..... 2
- Gut..... 3
- Weniger gut..... 4
- Schlecht..... 5

2. Im Vergleich zum vergangenen Jahr, wie würden Sie Ihren derzeitigen Gesundheitszustand beschreiben ?

(Bitte kreuzen Sie nur eine Zahl an)

- Derzeit viel besser als vor einem Jahr..... 1
- Derzeit etwas besser als vor einem Jahr..... 2
- Etwa so wie vor einem Jahr..... 3
- Derzeit etwas schlechter als vor einem Jahr..... 4
- Derzeit viel schlechter als vor einem Jahr..... 5

3. Im folgenden sind einige Tätigkeiten beschrieben, die Sie vielleicht an einem normalen Tag ausüben. Sind Sie durch Ihren derzeitigen Gesundheitszustand bei diesen Tätigkeiten eingeschränkt? Wenn ja, wie stark?

(Bitte kreuzen Sie in jeder Zeile nur eine Zahl an)

TÄTIGKEITEN	Ja, stark eingeschränkt	Ja, etwas eingeschränkt	Nein, überhaupt nicht eingeschränkt
a. anstrengende Tätigkeiten, z.B. schnell laufen, schwere Gegenstände heben, anstrengenden Sport treiben	1	2	3
b. mittelschwere Tätigkeiten, z.B. einen Tisch verschieben, staubsaugen, kegeln, Golf spielen	1	2	3
c. Einkaufstaschen heben oder tragen	1	2	3
d. mehrere Treppenabsätze steigen	1	2	3
e. einen Treppenabsatz steigen	1	2	3
f. sich beugen, knien, bücken	1	2	3
g. mehr als 1 Kilometer zu Fuß gehen	1	2	3
h. mehrere Straßenkreuzungen weit zu Fuß gehen	1	2	3
i. eine Straßenkreuzung weit zu Fuß gehen	1	2	3
j. sich baden oder anziehen	1	2	3

4. Hatten Sie in den vergangenen 4 Wochen aufgrund Ihrer körperlichen Gesundheit irgendwelche Schwierigkeiten bei der Arbeit oder anderen alltäglichen Tätigkeiten im Beruf bzw. zu Hause?

(Bitte kreuzen Sie in jeder Zeile nur eine Zahl an)

SCHWIERIGKEITEN	JA	NEIN
a. Ich konnte nicht so lange wie üblich tätig sein	1	2
b. Ich habe weniger geschafft als ich wollte	1	2
c. Ich konnte nur bestimmte Dinge tun	1	2
d. Ich hatte Schwierigkeiten bei der Ausführung (z.B. ich mußte mich besonders anstrengen)	1	2

5. Hatten Sie in den vergangenen 4 Wochen 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) ?

(Bitte kreuzen Sie in jeder Zeile nur eine Zahl an)

SCHWIERIGKEITEN	JA	NEIN
a. Ich konnte nicht so lange wie üblich tätig sein	1	2
b. Ich habe weniger geschafft als ich wollte	1	2
c. Ich konnte nicht so sorgfältig wie üblich arbeiten	1	2

6. Wie sehr haben Ihre körperliche Gesundheit oder seelischen Probleme in den vergangenen 4 Wochen Ihre normalen Kontakte zu Familienangehörigen, Freunden, Nachbarn oder zum Bekanntenkreis beeinträchtigt?

(Bitte kreuzen Sie nur eine Zahl an)

- Überhaupt nicht..... 1
 Etwas..... 2
 Mäßig..... 3
 Ziemlich..... 4
 Sehr..... 5

7. Wie stark waren Ihre Schmerzen in den vergangenen 4 Wochen ?

(Bitte kreuzen Sie nur eine Zahl an)

- Ich hatte keine Schmerzen..... 1
 Sehr leicht 2
 Leicht..... 3
 Mäßig..... 4
 Stark..... 5
 Sehr stark..... 6

8. Inwieweit haben die Schmerzen Sie in den vergangenen 4 Wochen bei der Ausübung Ihrer Alltagstätigkeiten zu Hause und im Beruf behindert ?

(Bitte kreuzen Sie nur eine Zahl an)

- Überhaupt nicht..... 1
 Ein bißchen..... 2
 Mäßig..... 3
 Ziemlich..... 4
 Sehr..... 5

9. In diesen Fragen geht es darum, wie Sie sich fühlen und wie es Ihnen in den vergangenen 4 Wochen gegangen ist. (Bitte kreuzen Sie in jeder Zeile die Zahl an, die Ihrem Befinden am ehesten entspricht). Wie oft waren Sie in den vergangenen 4 Wochen...

(Bitte kreuzen Sie in jeder Zeile nur eine Zahl an)

BEFINDEN	Immer	Meistens	Ziemlich oft	Manch-Mal	Selten	Nie
a. ...voller Schwung	1	2	3	4	5	6
b. ...sehr nervös	1	2	3	4	5	6
c. ...so niedergeschlagen, daß Sie nichts aufheitern konnte ?	1	2	3	4	5	6
d. ...ruhig und gelassen	1	2	3	4	5	6
e. ...voller Energie?	1	2	3	4	5	6
f. ...entmutigt und traurig	1	2	3	4	5	6
g. ...erschöpft	1	2	3	4	5	6
h. ... glücklich	1	2	3	4	5	6
i. ...müde	1	2	3	4	5	6

9. Wie häufig haben Ihre körperliche Gesundheit oder seelischen Probleme in den vergangenen 4 Wochen Ihre Kontakte zu anderen Menschen (Besuche bei Freunden, Verwandten usw.) beeinträchtigt?

(Bitte kreuzen Sie nur eine Zahl an)

- Immer..... 1
 Meistens..... 2
 Manchmal..... 3
 Selten..... 4
 Nie..... 5

10. Inwieweit trifft jede der folgenden Aussagen auf Sie zu ?

(Bitte kreuzen Sie in jeder Zeile nur eine Zahl an)

AUSSAGEN	Trifft ganz zu	Trifft weitgehend zu	Weiß nicht	Trifft weitgehend nicht zu	Trifft überhaupt nicht zu
a. Ich schein etwas leichter als andere krank zu werden	1	2	3	4	5
b. Ich bin genauso gesund wie alle anderen, die ich kenne	1	2	3	4	5
c. Ich erwarte, daß meine Gesundheit nachläßt	1	2	3	4	5
d. Ich erfreue mich ausgezeichneter Gesundheit	1	2	3	4	5