

**Aus der Klinik und Poliklinik für Allgemeine Orthopädie  
des Universitätsklinikums Münster  
(Direktor: Univ.-Prof. Dr. med. W. Winkelmann)**

# **Mittelfristige Ergebnisse der operativen Therapie bei Patienten mit Morbus Scheuermann**

**INAUGURAL – DISSERTATION**

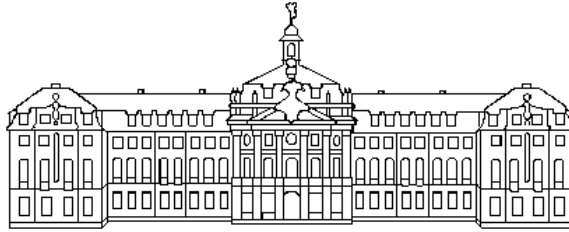
**zur**

**Erlangung des doctor medicinae**

**der Medizinischen Fakultät der  
Westfälischen Wilhelms-Universität Münster**

vorgelegt von  
Kauther, Max Daniel  
aus Paderborn  
2006





**Aus der Klinik und Poliklinik für Allgemeine Orthopädie  
des Universitätsklinikums Münster  
(Direktor: Univ.-Prof. Dr. med. W. Winkelmann)**

# **Mittelfristige Ergebnisse der operativen Therapie bei Patienten mit Morbus Scheuermann**

**INAUGURAL – DISSERTATION**

**zur**

**Erlangung des doctor medicinae**

**der Medizinischen Fakultät der  
Westfälischen Wilhelms-Universität Münster**

vorgelegt von  
Kauther, Max Daniel  
aus Paderborn  
2006

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät  
der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster.

Dekan: Univ.-Prof. Dr. med. V. Arolt

1. Berichterstatter: Univ.-Prof. Dr. med. U. Liljenqvist

2. Berichterstatter: Priv.-Doz. Dr. med. W. Petersen

Tag der mündlichen Prüfung: 31.10.2006

Aus der Klinik und Poliklinik für Allgemeine Orthopädie  
des Universitätsklinikums Münster

(Direktor: Univ.-Prof. Dr. med. W. Winkelmann)

Referent: Univ.-Prof. Dr. med. U. Liljenqvist

Koreferent:: Priv.-Doz. Dr. med. W. Petersen

### ZUSAMMENFASSUNG

Mittelfristige Ergebnisse der operativen Therapie bei

Patienten mit Morbus Scheuermann

Kauther, Max Daniel

Diese Arbeit untersucht retrospektiv 25 operativ therapierte Patienten mit einem hochgradigen Morbus Scheuermann über durchschnittlich 46,7 Monate. Therapieindikationen sind progrediente Kyphosierung, Schmerzen und Leidensdruck durch entstellendes Wirbelsäulenprofil.

Die durchschnittliche maximale Kyphose von  $83,9^\circ$  konnte auf  $57,9^\circ$  korrigiert werden. Konsekutiv kommt es zu einer Abnahme der Lumballordose und zu Veränderungen der Halslordose. Innerhalb des Instrumentationsbereichs von mittleren 8,9 Bewegungssegmenten veränderte sich die Kyphose von präoperativ  $72,3^\circ$  auf postoperativ  $47,5^\circ$  und aktuell  $50,8^\circ$ . Der durchschnittliche Korrekturverlust lag bei  $3,0^\circ$ . In 11 Fällen trat eine obere junktionale Kyphose von mehr als  $5^\circ$  auf. Durchschnittlich lag diese bei  $8,9^\circ$ . Ursächlich scheinen hohe Scheitelwirbel von Th7 und Th8 und eine nicht die gesamte Kyphose einschließende Instrumentation.

Sowohl rein dorsale als auch kombiniert ventrodorsale Fusionsoperationen führen zu vergleichbaren Korrekturergebnissen. Eine postoperative Korsettversorgung ist aufgrund der geringen Korsetthöhe nicht immer ausreichend, um eine junktionale Kyphose zu verhindern.

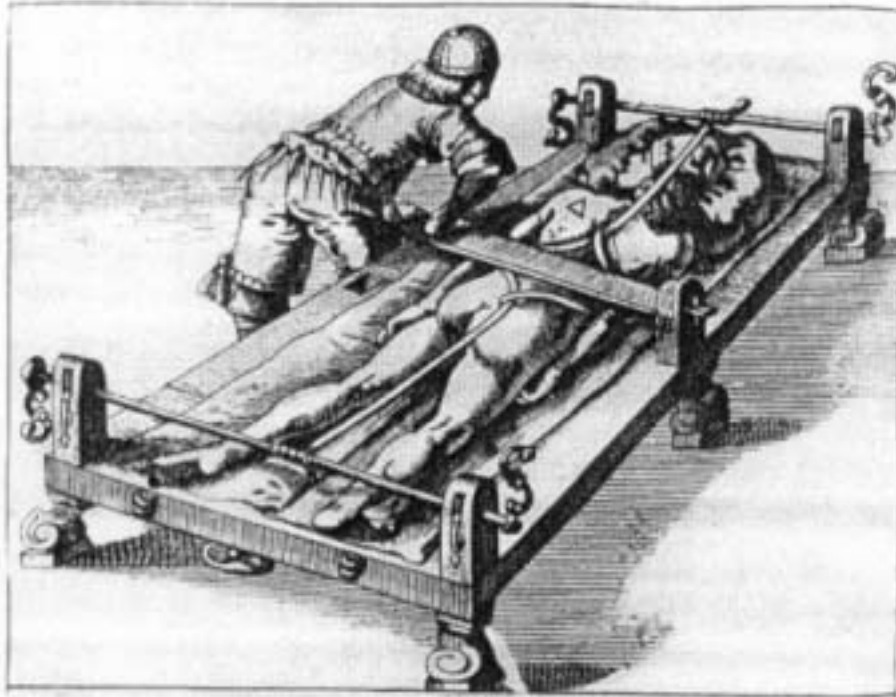
Bei einem Patienten trat am ersten postoperativen Tag eine beginnende Querschnittssymptomatik auf. Durch umgehende Revision bildeten sich die neurologischen Ausfälle vollständig zurück.

Die Operation führte in 59,3 % zur Schmerzreduktion. 86,4 % gaben eine Verbesserung des Selbstbildes an. 75 % der Patienten würden sich rückblickend wieder für eine Operation entscheiden.

Die operative Korrektur thorakaler Hyperkyphosen beim Morbus Scheuermann führt zu hohen subjektiven Zufriedenheitswerten bei insgesamt zufrieden stellenden radiometrischen Ergebnissen.

Tag der mündlichen Prüfung: 31.10.2006

Für meine Eltern



**« Il contemplait ce bonheur, cette beauté avec amertume. Après tout, la nature n'était pas muette chez le pauvre diable, et sa colonne vertébrale, tout méchamment tordue qu'elle était, n'était pas moins frémissante qu'une autre. Il songeait à la misérable part que la providence lui avait faite, que la femme, l'amour, la volupté lui passeraient éternellement sous les yeux, et qu'il ne ferait jamais que voir la félicité des autres. »\***

**Victor Hugo, Der Glöckner von Notre Dame**

\* Er betrachtete dieses Glück, diese Schönheit mit Bitterkeit. Die Natur war bei dem armen Teufel überhaupt nicht stumm, und sein Rückgrat, so garstig gekrümmt es sonst war, zitterte ebenso wie ein anderes. Er dachte an das elende Los, das die Vorsehung ihm bestimmt hatte; dass die Frauen, die Liebe, die Wollust ewig vor seinen Augen vorüberfliehen würden und dass er niemals etwas anderes erreichen würde, als bei der Glückseligkeit anderer den Zuschauer zu machen (Hugo 1831; Hugo 2005).



---

|   |    |
|---|----|
| <b>Abkürzungsverzeichnis:</b> .....                                   | 7  |
| <b>Tabellenverzeichnis:</b> .....                                     | 8  |
| <b>Abbildungsverzeichnis:</b> .....                                   | 9  |
| <b>1. Einleitung:</b> .....   | 12 |
| <b>2. Operationsverfahren</b> .....                                   | 19 |
| 2.1 Dorsale Kompressionsspondylodese .....                            | 19 |
| 2.2 Kombiert ventrodorsale Fusion.....                                | 20 |
| <b>3. Zielsetzung der Studie</b> .....                                | 21 |
| <b>4. Material und Methoden</b> .....                                 | 22 |
| 4.1 Herkunft der Daten .....  | 22 |
| 4.1.1 Datenerhebung: Operations- und Anästhesieprotokolle.....        | 22 |
| 4.1.2 Datenerhebung: Krankenakten .....                               | 23 |
| 4.1.3 Datenerhebung: Röntgenaufnahmen .....                           | 23 |
| 4.2 Nachuntersuchung.....   | 25 |
| 4.3 Fragebogen.....   | 26 |
| 4.4 Software und Statistik .....                                      | 27 |
| <b>5. Ergebnisse</b> .....  | 28 |
| 5.1. Ergebnisse aus Krankenakten und Operationsprotokollen.....       | 28 |
| 5.1.1 Patienten.....  | 28 |
| 5.1.2 Operationsverfahren .....                                       | 29 |
| 5.1.3 Implantatsysteme, Knochenersatzstoffe .....                     | 30 |
| 5.1.4 Perioperative Parameter .....                                   | 31 |
| 5.1.5 Mobilisation .....  | 31 |
| 5.1.6 Komplikationen .....  | 32 |
| 5.2 Ergebnisse der radiometrischen Untersuchung.....                  | 34 |
| 5.3 Ergebnisse der Fragebogenauswertung: .....                        | 45 |
| <b>6. Diskussion</b> .....  | 60 |
| 6.1 Patientenkollektiv und Operation im Vergleich zur Literatur ..... | 60 |
| 6.2 Diskussion der radiometrischen Analyse.....                       | 68 |
| 6.3 Diskussion der SRS-Score Ergebnisse .....                         | 75 |
| 6.4 Zusammenfassung.....  | 79 |
| <b>7. Literaturverzeichnis</b> .....                                  | 81 |
| <b>8. Danksagung</b> .....  | 85 |
| <b>9. Lebenslauf</b> .....  | 86 |
| <b>10. Anhang</b> .....   | I  |
| 10.1 SRS-Score.....   | I  |
| 10.2 Bildmaterialien.....   | VI |

**Abkürzungsverzeichnis:**

|        |  |
|--------|--|
| bspw.  | beispielsweise   |
| BWM    | Bad-Wildunger-Modul, (Bad-Wildungen-Metz)  |
| BWS    | Brustwirbelsäule   |
| bzw.   | beziehungsweise  |
| C      | zervikaler Wirbel  |
| et al. | und andere (lat.: et alii)   |
| HWS    | Halswirbelsäule  |
| l      | Liter  |
| L      | lumbaler Wirbel  |
| LWS    | Lendenwirbelsäule  |
| min    | Minuten  |
| MPDS   | Münsteraner posteriores Doppelstabsystem (micomed<br>posteriores Doppelstabsystem) |
| MW     | Mittelwert   |
| n      | Anzahl   |
| o. g.  | oben genannten   |
| S      | sakraler Wirbel  |
| s.     | siehe  |
| s. u.  | siehe unten  |
| SD     | Standardabweichung   |
| SRS    | Scoliosis Research Society   |
| T      | thorakaler Wirbel  |
| u. a.  | unter anderem  |
| vs.    | gegen, gegenüber gestellt (lat.: versus)   |

**Tabellenverzeichnis:**

- Tabelle 5.1: Radiometrische Daten der Patienten als Grundlage für die Fusionsstrecke
- Tabelle 5.2: Veränderung der oberen junktionalen Kyphose nach Höhe des Scheitelwirbels der Kyphose
- Tabelle 5.3: Postoperative Bewertung von Funktionalität/ Aktivität, Selbstbildnis und Schmerzen

**Abbildungsverzeichnis:**

- Abbildung 5.1: Geschlechtsverteilung der Patienten
- Abbildung 5.2: Operationsfrequenz der Scheuermannkyphosen in den Jahren 1991-2002
- Abbildung 5.3: Patientenalter zum Operationszeitpunkt
- Abbildung 5.4: Operative Vorgehensweise zur Aufrichtung der Scheuermannkyphose
- Abbildung 5.5: Bettruhe und postoperativer Krankenhausaufenthalt
- Abbildung 5.6: Komplikationen im Behandlungsverlauf
- Abbildung 5.7: Nachbeobachtungszeitraum in Monaten
- Abbildung 5.8: Korrektur durch Operation und späterer Korrekturverlust der maximalen Kyphose
- Abbildung 5.9: Korrektur der durchschnittlichen maximalen Kyphose
- Abbildung 5.10: Korrektur der Kyphose im Instrumentationsbereich
- Abbildung 5.11: Veränderung der Lordose der HWS
- Abbildung 5.12: Korrektur der Kyphose der BWS
- Abbildung 5.13: Korrektur der Kyphose im thorakolumbalen Übergang
- Abbildung 5.14: Korrektur der Lordose der LWS
- Abbildung 5.15: Veränderung der oberen junktionalen Kyphose im Behandlungsverlauf
- Abbildung 5.16: Prozentuale Zunahme der oberen junktionalen Kyphose im postoperativen Verlauf
- Abbildung 5.17: Veränderung des sagittalen Lots im Behandlungsverlauf
- Abbildung 5.18: Veränderung der skoliotischen Primärkrümmung
- Abbildung 5.19: Veränderung der skoliotischen Sekundärkrümmung
- Abbildung 5.20: Veränderung des frontalen Lots im Behandlungsverlauf
- Abbildung 5.21: Frage 1 – Grad der Schmerzen
- Abbildung 5.22: Frage 2 – Grad der Schmerzen einen Monat präoperativ
- Abbildung 5.23: Frage 3 – Wenn sich für den Rest Ihres Lebens der Zustand Ihres Rückens vor der Operation nicht geändert hätte, wie würden Sie darüber denken?
- Abbildung 5.24: Frage 4 – Niveau körperlicher Aktivität präoperativ

- 
- Abbildung 5.25 Frage 5 – Wie sahen Sie angezogen vor der Operation aus?
- Abbildung 5.26 Frage 6 – Litten Sie in Ruhe unter Rückenschmerzen?
- Abbildung 5.27 Frage 7 – Niveau schulischer und arbeitstäglicher Tätigkeiten präoperativ
- Abbildung 5.28 Frage 8 – Arzneimittel präoperativ
- Abbildung 5.29 Frage 9 – Schränkte der Rücken Sie bei täglichen Aktivitäten im Haus ein?
- Abbildung 5.30 Frage 10 – Schul- und Arbeitsausfall präoperativ
- Abbildung 5.31 Frage 11 – Beeinflusste Ihr Rückenproblem die persönliche Beziehung zu Freunden und der Familie vor der Operation?
- Abbildung 5.32 Frage 12 – Finanzielle Schwierigkeiten durch Rückenschmerzen präoperativ
- Abbildung 5.33 Frage 13 – Gingen Sie mehr oder weniger aus als Ihre Freunde präoperativ?
- Abbildung 5.34 Frage 14 – Fühlten Sie sich attraktiv vor der Operation?
- Abbildung 5.35 Frage 15 – Wie schätzten Sie Ihre persönliche Erscheinung vor der Operation ein?
- Abbildung 5.36 Frage 16 – Wie hat die Operation Ihre täglichen Aktivitäten verändert?
- Abbildung 5.37 Frage 17 – Wie hat die Operation Ihre Fähigkeit sich an Hobbies/ Sport zu erfreuen verändert?
- Abbildung 5.38 Frage 18 – Wie hat die Operation Ihre Rückenschmerzen verändert?
- Abbildung 5.39 Frage 19 – Wie hat die Operation Ihr Selbstvertrauen in persönlichen Beziehungen mit Anderen verändert?
- Abbildung 5.40 Frage 20 – Hat die Operation die Art und Weise wie andere Menschen Sie sehen verändert?
- Abbildung 5.41 Frage 21 – Hat die Operation Ihre persönliche Erscheinung verändert?
- Abbildung 5.42 Frage 22 – Sind Sie mit dem Ergebnis der Operation zufrieden?
- Abbildung 5.43 Frage 23 – Im Vergleich zu vor der Operation, wie sehen Sie jetzt aus?

- 
- Abbildung 5.44 Frage 24 – Würden Sie sich erneut operieren lassen, wenn Sie die gleiche Erkrankung hätten?
- Abbildung 5.45 Ergebnisse der einzelnen Kategorien des SRS-Score im prä-, postoperativen Vergleich
- Abbildung 5.46 Patienten Bewertung von Funktion, Selbstbildnis und Schmerzen
- Abbildung 10.1 (DS) präoperative Scheuermannkyphose von 92°
- Abbildung 10.2 (DS) postoperative maximale Kyphose von 64° bei Fusion von T5 – T12
- Abbildung 10.3 (DS) maximale Kyphose von 87° bedingt durch obere junktionale Kyphose bei Verlaufsuntersuchung 33 Monate postoperativ
- Abbildung 10.4 (TM) maximale Kyphose von 104° präoperativ
- Abbildung 10.5 (TM) postoperative Kyphose von 49° bei Fusion von T5 –L3
- Abbildung 10.6 (TM) Entwicklung einer oberen junktionalen Kyphose von 18° bei gleich bleibendem Korrekturergebnis
- Abbildung 10.7 (SC) Scheuermannkyphose von 77° präoperativ
- Abbildung 10.8 (SC) postoperative Kyphose von 40° bei Fusion von T3 – L1
- Abbildung 10.9 (SC) obere junktionale Kyphose von 21° bei Hakeninstrumentation T3 – T4 25 Monate postoperativ
- Abbildung 10.10 (HD) Scheuermannkyphose von 97° mit Keilwirbelbildung und Schmorl'schen Knötchen
- Abbildung 10.11 (HD) postoperatives Ergebnis von 79° bei Fusion von T3 – L2
- Abbildung 10.12 (HD) obere junktionale Kyphose von 15° bei erhaltener Korrektur 18 Monate postoperativ

## **1. Einleitung**

Quasimodos emotionaler Schmerz, beschrieben in dem einleitenden Zitat, steht in direktem Zusammenhang mit seinem buckligen Aussehen. Viktor Hugo beschreibt in seinem Roman „Der Glöckner von Notre Dame“ einen von seinem Buckel und den daraus resultierenden Hänseleien gequälten Menschen. Auch heutzutage kann dieses Schicksal von vielen Patienten mit hyper- oder skoliokyphotischer Wirbelsäule nachvollzogen werden.

Die juvenile Osteochondrose der Wirbelsäule bzw. der Morbus Scheuermann ist nach der Skoliose die häufigste Erkrankungen mit Entwicklung einer Wirbelsäulenformstörung beim Jugendlichen (Hartwig and Reize 1993). Synonym werden die Begriffe Adoleszentenkyphose, juvenile Kyphose, Knorpelknötchenkrankheit, Epiphysitis oder Osteochondritis vertebralis und osteochondrotische Kyphose benutzt, wobei vor allem die beiden erstgenannten häufig Verwendung finden.

Die Krankheit wurde 1921 erstmals von Holger Werfel Scheuermann, einem dänischen Chirurgen und Radiologen, beschrieben. Bei einer Untersuchung von Heimkindern fand er heraus, dass die Hyperkyphose zwischen dem 15. und 17. Lebensjahr auftritt und hauptsächlich Jungen betrifft (Scheuermann 1977). Scheuermann erkannte, dass es sich um eine strukturelle Veränderung von Wirbelkörpern handelt, und beschrieb als erster die Ausbildung von Keilwirbeln sowie andere typische radiologische Veränderungen der Krankheit (s. u.). Diese stellte er in Zusammenhang mit der hyperkyphotischen Deformität und bezeichnete das Krankheitsbild als „Kyphosis dorsalis juvenilis“ (Scheuermann 1977).

Definiert wird der Morbus Scheuermann heutzutage als eine fixierte, bogenförmige Hyperkyphose der Wirbelsäule, insbesondere thorakal und thorakolumbal, die auf eine in der Pubertät entstehende Keilwirbelbildung zurückzuführen ist. Das von Sørensen 1964 eingeführte Kriterium von 3 aufeinander folgenden Keilwirbeln mit einer Höhenminderung von mindestens

5° pro Wirbelkörper wird heutzutage allgemein als Definition akzeptiert (Sörensen 1964).

Radiographisch zeigen sich in der seitlichen Projektion typische Aspekte, allen voran Unregelmäßigkeiten der Grund- und Deckplatten, eine Verminderung der Zwischenwirbelräume, Schmorl-Knorpelknötchen, das Edgren-Vaino-Zeichen (s. u.), Keilwirbelbildung mit konsekutiver Hyperkyphosierung und Ausbildung von Osteophyten (Reinhold 1966; Dihlmann 1987; Bohndorf 1998; Felsenberg, Wieland et al. 1998). Diese Veränderungen finden sich vorwiegend thorakal, seltener im thorakolumbalen Übergangsbereich und nur sporadisch lumbal, jedoch nie im Halswirbelsäulenbereich (Deacon, Berkin et al. 1985; Murray, Weinstein et al. 1993).

Das Krankheitsbild tritt mit einer Häufigkeit von 0,4 % bis 8 % bei Kindern und Jugendlichen auf (Ascani, Salsano et al. 1977; Voutsinas and MacEwen 1986), wobei bisher die Auffassung vertreten wurde, dass Jungen häufiger betroffen sind als Mädchen (Scheuermann 1977; Murray, Weinstein et al. 1993). Eine aktuelle, groß angelegte europäische Querschnittstudie zur Erfassung von Wirbelsäulenveränderungen ergab allerdings keine geschlechtsspezifische Häufung bei einer Prävalenz von 6,8 % bei Männern und 6,9 % bei Frauen (Felsenberg, Wieland et al. 1998).

Das Manifestationsalter der Erkrankung liegt zwischen dem 9. und 13. Lebensjahr (Krämer, Schleberger et al.).

Die Ätiologie ist trotz vieler Studien größtenteils ungeklärt. Als Ursachen werden eine verstärkte Ausschüttung von Wachstumshormonen, Defekte in der Formation von kollagenem Bindegewebe, die zu einer Schwächung der Wirbelkörpergrund- und Deckplatten führen, eine juvenile Osteoporose, körperlich beanspruchende Arbeit, langes Sitzen, Traumata, Vitamin-A Mangel, eine Epiphysitis, Poliomyelitis und psychischer Stress diskutiert (Güntz 1938; Wassmann 1951; Raisman 1955; Sörensen 1964; Bradford and Moe 1975; Kosova 1975; Bradford, Brown et al. 1976; Taylor, Wenger et al. 1979; Ippolito and Ponseti 1981; Wiltse and Winter 1983; McCallum 1984; Ippolito, Bellocchi et al.



1985; Aufdermaur and Spycher 1986; Lopez, Burke et al. 1988; Gilsanz, Gibbens et al. 1989).

Die Pathogenese der Hyperkyphose wird von Schmorl auf die nach ihm benannten „Schmorl-Knorpelknötchen“ zurückgeführt, die oft an den Keilwirbeln zu beobachten sind (Schmorl 1933): Zum Zeitpunkt der Pubertät tritt Bandscheibengewebe aufgrund des hohen onkotischen und hydrostatischen Drucks durch die Grund- und Deckplatten der angrenzenden Wirbelkörper. Diese werden aufgrund ihrer entwicklungsbedingten Weichheit durch das einbrechende Bandscheibengewebe zerstört, welches sich bis in die Wirbelkörperspongiosa vorwölbt. Gegenüberliegend kommt es zu einem reaktiven Wirbelkörperwachstum, dem charakteristischen Edgren-Vaino-Zeichen. Abhängig von der Größe des Defekts, der Entwicklungsreife der Bandscheiben und der Druckverhältnisse kommt es zu unterschiedlichen Deformierungen.

Anhand des Drei-Säulen-Modells nach Denis lässt sich die Progredienz des Geschehens folgendermaßen erklären: Im vorderen Drittel der Wirbelsäule entsteht infolge der Kyphosierung eine vermehrte Druckbelastung, während im hinteren Drittel die Zugkräfte zunehmen, wodurch das Einbrechen von Bandscheibengewebe und die Keilwirbelbildung begünstigt werden. Mit zunehmender Kyphose infolge Keilwirbelbildung schreiten die Veränderungen immer weiter voran. Eine verstärkte physische Belastung aggraviert diesen Prozess.

Im Alter von 18 bis 20 Jahren sind die Wirbelkörper ausreichend fest entwickelt, die Defekte und die dadurch bedingte Fehlstellung der Wirbelsäule bleiben jedoch bestehen.

Die Verbindung mit anderen Krankheitsbildern, die weite Verbreitung in der Bevölkerung und die späte Manifestation der Kyphose lassen darauf schließen, dass es sich beim Morbus Scheuermann um ein genetisch verankertes multifaktoriell bedingtes Krankheitsbild handelt (McKenzie and Sillence 1992; Graat, van Rhijn et al. 2002). Allgemein wird heute davon ausgegangen, dass neben erblicher Veranlagung und hormoneller Dys-

regulation exogene Faktoren eine Rolle spielen, wobei erst ihr Zusammenwirken zum Ausbruch der Scheuermann'schen Erkrankung führt und deren Schweregrad bestimmt (McKenzie and Sillence 1992; Graat, van Rhijn et al. 2002). Zusammen mit der Scheuermann'schen Krankheit treten gehäuft extradurale Zysten (Cloward and Bucy 1993; Chiu and Luk 1995), idiopathische Hypovitaminosen (Kemp and Wilson 1947), Spondylolyse (Ogilvie and Sherman 1987), neuromuskuläre Dysfunktionen (Lambrinudi 1934) und entzündliche Prozesse (Stoddard and Osborn 1979) auf.

Radiographisch kann die Adoleszentenkyphose nach Brocher in drei Stadien eingeteilt werden (Brocher and Willert 1970; Hartwig and Reize 1993):

1. Funktionelle Phase:

Im Alter von 9 – 12 Jahren kommt es zu einer vermehrten noch flexiblen Thorakalkyphose mit geringgradiger Keilwirbelbildung. Aufgrund fehlender Beschwerden wird dieses Stadium selten erkannt.

2. Floride Phase:

Zwischen dem 12. und 18. Lebensjahr treten die typischen Veränderungen der Wirbelkörper mit Unregelmäßigkeiten der Grund- und Deckplatten, Schmorl-Knorpelknötchen, Keilwirbelbildung, Zunahme der Wirbelkörpertiefe und Einsteifung der Hyperkyphose auf. Beschwerden treten auch in diesem Stadium selten auf. Nach Krahl bestehen zu diesem Zeitpunkt nur bei 20 % der Patienten diffuse Rückenschmerzen (Krahl, Scheele et al. 1980).

3. Spätphase:

Nach Wachstumsabschluss kommt es zu progredienten Schmerzen infolge von arthrotischen Veränderungen, insbesondere der lumbalen Facettengelenke bei kompensatorischer Hyperlordosierung, und muskulärer Imbalance. Radiographisch zeigen sich ähnliche strukturelle Veränderungen wie im zweiten Stadium. Die Grund- und Deckplattenunregelmäßigkeiten sowie die Knorpelknötchen können sich zurückbilden, die Keilwirbel bleiben jedoch bestehen.

Eine Höhenminderung der Zwischenwirbelräume, Schmorl-Knorpelknötchen, spondylarthrotische Veränderungen wie Osteophytenbildung und periostale Auflagerungen an den Dornfortsätzen im Ansatzbereich des Ligamentum spinosum führen zu einer bindegewebigen und knöchernen Einsteifung der betroffenen Bewegungssegmente (Aufdermaur 1965).

Die Beschwerdesymptomatik kann progredient verlaufen und zur Verminderung der Arbeitsleistung bis hin zu Frühinvalidität führen (Soderberg and Andren 1955; Bradford, Moe et al. 1974; Bradford, Moe et al. 1975; Bradford 1977; Stoddard and Osborn 1979; Taylor, Wenger et al. 1979; Bradford, Ahmed et al. 1980; Paajanen, Erkontalo et al. 1989; Otsuka, Hall et al. 1990).

Von den nach Sørensen (Sørensen 1964) eingeteilten so genannten „klassischen“ Scheuermannformen mit mindestens drei zusammenhängenden Keilwirbeln unterscheidet man die „untypischen“ Scheuermannformen, bei denen höchstens zwei Keilwirbel vorliegen (Ippolito, Bellocchi et al. 1985; Lowe 1990).

Zur Bestimmung des Ausmaßes der pathologischen Veränderungen und somit der Festlegung der Therapie, muss das „normale“ Wirbelsäulenprofil berücksichtigt werden: Bernhard und Bridwell definieren die thorakale Kyphose von T3 – T12 mit  $20^{\circ}$  –  $50^{\circ}$  als Bandbreite der Norm (Bernhardt and Bridwell 1989). Im Bereich des thorakolumbalen Übergangs (T12 – L1) wechselt die Wirbelsäule ihre Schwingung von der thorakalen Kyphose in die lumbale Lordose. Die Wirbel stehen hier nahezu parallel. Eine leichte Kyphose ist oft zu finden. Die lumbale Lordose (L1 – L5) ist mit  $-20^{\circ}$  bis  $-60^{\circ}$  definiert. Innerhalb dieser Bereiche sollten keine Durchschnittswerte verwendet, sondern vielmehr der genannte Bereich die Grenzen der Norm darstellen.

Die Therapie der Adoleszentenkyphose richtet sich nach Ausmaß, Lage und Rigidität der maximalen Kyphose. So werden in der Wachstumsphase bei leichter Kyphose intensive entkyphosierende Krankengymnastik und sportliche Aktivitäten zur Stärkung der Rumpf- und Rückenmuskulatur verordnet. Bei

Kyphosen größer als 50°, Keilwirbelbildung von mehr als 5° oder bei Befundprogredienz wird eine Korsetttherapie für 23 Stunden täglich eingeleitet, die über eine dauerhafte Entkyphosierung zu einer Druckentlastung der vorderen Säule und somit zu einer Erholung der Wirbelkörperapophysen und Wiederherstellung eines physiologischen Wirbelsäulenprofils führen soll (Howard 1992; Hartwig and Reize 1993).

Einige Autoren sehen die Indikation für ein operatives Vorgehen bereits bei Kyphosen von 60° gegeben (Lowe 1990), eine aktuelle Übersichtsarbeit zur operativen Therapie des Morbus Scheuermann empfiehlt eine Korrektur erst bei 75° (Arlet and Schlenzka 2005). Weitere Indikationen sind eine durch konservative Therapie nicht mehr beherrschbare Rückenschmerzsymptomatik und ein inakzeptables kosmetisches Erscheinungsbild.

Soo et al. publizierten 2002, dass sich in Hinblick auf Schmerzintensität und Funktionalität alle drei Therapiestrategien, sofern sie gemäß den o. g. Empfehlungen angewandt wurden, bei einem Verlaufsbeobachtungszeitraum von durchschnittlich 14 Jahren nicht signifikant voneinander unterscheiden (Soo, Noble et al. 2002).

Eine Vielzahl von Studien weist darauf hin, dass die Deformierung der Wirbelsäule im weiteren Verlauf frühzeitig Einschränkungen und Behinderungen mit sich bringt. Beschrieben werden in der Literatur u. a. unbefriedigendes Aussehen, Muskelverspannungen, Rückenschmerzen bis hin zu körperlich stark einschränkenden Behinderungen aufgrund fortschreitender Deformität mit Kompromittierung des Herz-Kreislaufsystems und infolge dieser Beschwerden viele Krankheitstage (Bradford, Moe et al. 1975; Bradford, Ahmed et al. 1980) (Soderberg and Andren 1955; Bradford, Moe et al. 1974; Bradford, Moe et al. 1975; Bradford 1977; Stoddard and Osborn 1979; Taylor, Wenger et al. 1979; Bradford, Ahmed et al. 1980; Paajanen, Erkintalo et al. 1989; Otsuka, Hall et al. 1990). Demgegenüber wurden in der Studie von Murray et al., wobei der natürliche Langzeitverlauf von 67 nicht therapierten Patienten mit Morbus Scheuermann analysiert wurde, die o. g. Spätfolgen infrage gestellt (Murray, Weinstein et al. 1993). Es fanden sich keine signifikanten Unterschiede

hinsichtlich Anzahl der Krankheitstage aufgrund von Rückenschmerzen, rückenbeschmerzbedingter Einschränkung von Alltagsaktivitäten, Schmerzmittelaufnahme aufgrund von Rückenschmerzen, Selbstbewusstsein, Selbstwertgefühl, Grad der Ausbildung, Anteil Verheirateter, sozialer Einschränkungen und Freizeitaktivitäten gegenüber dem gesunden Vergleichskollektiv (Murray, Weinstein et al. 1993). Es zeigte sich jedoch, dass die Patienten insgesamt stärkere Rückenschmerzen, körperlich weniger belastende Berufe und eine höhergradige Einschränkung der Bewegungsfreiheit der Wirbelsäule aufwiesen. Ab einer Kyphose von 85° fand sich ein signifikant höherer Anteil von Singles. Bei Kyphosen größer 100° mit Scheitelwirbeln oberhalb von T9 lag eine restriktive Ventilationsstörung vor.

Durch die operative Therapie wird die Wirbelsäulendeformität korrigiert und durch die angestrebte Spondylodese letztendlich dauerhaft fixiert. In Abhängigkeit von der Rigidität der Kyphose kommen zwei operative Verfahren zur Anwendung. So wird bei rigiden Verhältnissen häufig zunächst ein ventrales Release und anschließend eine dorsale Korrekturspondylodese unter Verwendung eines Pedikelschraubenstabsystems durchgeführt, während bei flexibler Deformität auf eine ventrale Lösungsoperation verzichtet werden kann. Die dritte Möglichkeit eines ausschließlich ventralen Vorgehens mit Stabilisierung ist als experimentell anzusehen (Arlet and Schlenzka 2005).

## **2. Operationsverfahren**

### **2.1 Dorsale Kompressionsspondylodese**

Für den dorsalen Zugang wird der Patient in Bauchlage gelagert. Nach sterilem Abwaschen und Abdecken erfolgt eine dorsomediane Hautinzision in der Länge der Instrumentationsstrecke. Subkutis und Faszie werden durchtrennt, anschließend wird die autochtone Rückenmuskulatur subperiostal von den Processi spinosi und Laminae nach lateral abgeschoben. Die kleinen Wirbelgelenke werden dargestellt, eröffnet und entknorpelt. Das supra- und interspinöse Band wird bis auf die zwei kranialen Bewegungssegmente reseziert, wodurch die Wirbelsäule insgesamt mobilisiert wird. Im Weiteren werden die Pedikel der zu instrumentierenden Wirbel aufgepfriemt. Der entstandene Kanal wird mit einer Sonde auf allseitige knöcherne Wandung ausgetastet. Danach werden die Pedikelschrauben unter Durchleuchtungskontrolle platziert. In der oberen BWS bietet sich aufgrund der kleineren Pedikel alternativ die Verwendung von Pedikel- oder Laminahaken an. Die Schrauben sollten mindestens bis zur Hälfte der Wirbelkörpertiefe reichen und knapp unterhalb der Deckplatte des Wirbels liegen, um eine biomechanisch optimale Fixierung zu gewährleisten. Die Dornfortsätze werden nach Implantation der Schrauben vollständig reseziert und zu Knochenspänen zerkleinert. Zur Vermeidung einer Fältelung des Ligamentum flavum, mit konsekutiver Myelonkompression, wird im Scheitelbereich der Kyphose mehrsegmental eine Flavektomie durchgeführt. Zusätzlich können mit dem Ziel einer deutlich besseren Korrektur mehrsegmentale v-förmige Osteotomien der Gelenkfortsätze zur Verbesserung des Korrekturergebnisses erfolgen. Nun werden zwei Stäbe in der Länge der Instrumentationsstrecke entsprechend einem nahezu physiologischen sagittalen Profil vorgebogen und danach in die mit einer Nut versehenen Pedikelschrauben gepresst und locker verschraubt. Durch Zusammenschieben bzw. Kompression der Schrauben über den Stab in Längsrichtung erfolgt nun die Aufrichtung der Wirbelsäule. Die Schraubenmutter zur Stabfixierung werden sukzessive fest angezogen. Schließlich wird autologes Knochenmaterial oder Fremdknochen um das Instrumentarium

angelagert, um eine Spondylodese zu erreichen. Es folgt ein schichtweiser Verschluss von Faszie, subkutanem Fettgewebe und Intrakutannaht.

## 2.2 Kombiert ventrodorsale Fusion

Die ventrodorsale Operation besteht aus einer ventralen Lockerung und der darauf folgenden oben beschriebenen dorsalen Kompressions-spondylodese. Für den ventralen Eingriff wird der Patient in Linksseitenlage gelagert. Nach sterilem Abwaschen und Abdecken des Thorax wird der Scheitelpunkt der Kybose markiert und über diesem parallel zur Rippe die Haut inzidiert. Zum Darstellen der Rippe müssen je nach Höhe ventrale Anteile des Muskulus latissimus und des Muskulus serratur anterior durchtrennt werden. Über einen Doppellumentubus wird vor Durchtrennung der Pleura parietalis die rechte Lunge von der Beatmung genommen. Nach Fallen der rechten Lunge wird eine Rippe entnommen, die zu Knochenspänen verarbeitet wird. Durch den geschaffenen Zugangsweg wird seitlich auf den Wirbelkörpern die Pleura parietalis durchtrennt. Nach Ligation der Segmentgefäße werden das vordere Längsband und die Bandscheiben bis zum hinteren Längsband entfernt und mit den Knochenspänen aufgefüllt. Nach fortlaufender Pleurannaht über der Wirbelsäule wird die rechte Lunge zur Atelektasenvermeidung unter Sicht gebläht. Nach Einlage einer Thoraxdrainage erfolgt ein schichtweiser Wundverschluss und die Anlage eines sterilen Verbandes. Der ventralen Mobilisation folgt nach Umlagerung die oben beschriebene dorsale Fusion.

### **3. Zielsetzung der Studie**

Ziel dieser retrospektiven Studie war es, die mittel- bis langfristigen Ergebnisse von operativ behandelten Patienten mit thorakalem oder thorakolumbalem Morbus Scheuermann inklusive perioperativer Komplikationen kritisch zu beurteilen. Neben einer umfassenden radio-metrischen Verlaufsanalyse des sagittalen Wirbelsäulenprofils wurden überdies mithilfe eines evaluierten Fragebogens (Scoliosis-Research-Society-Score, SRS-Score) auch die Parameter Selbstbild, Schmerz-Symptomatik, Aktivität und Zufriedenheit präoperativ und postoperativ erfasst. Die radiometrischen Daten wurden hierbei mit den persönlichen Angaben der Patienten verknüpft, um den Einfluss der korrigierenden Operation auf subjektiv wahrgenommene Veränderungen zu ermitteln. Die gewonnenen Erkenntnisse sollen die Möglichkeiten und Grenzen der operativen Therapie aufzeigen und der Therapieverbesserung dienen und kommen somit allen weiteren Patienten zugute.



## **4. Material und Methoden**

### **4.1 Herkunft der Daten**

Die Daten stammen von 25 Patienten, die aufgrund einer hochgradigen thorakalen oder thorakolumbalen Hyperkyphose bei Morbus Scheuermann in den Jahren 1991 bis 2002 in der Klinik und Poliklinik für Allgemeine Orthopädie des Universitätsklinikums Münster behandelt wurden. Anhand der gesammelten Operationsberichte konnten 30 Patienten ermittelt werden. Aufgrund von nicht vergleichbaren Operationsverfahren und unvollständiger Unterlagen wurden fünf Patienten aus der Studie ausgeschlossen. Von 25 Patienten standen die vollständigen Krankenakten und Röntgenbilder zur Verfügung.

#### **4.1.1 Datenerhebung: Operations- und Anästhesieprotokolle**

Den jeweiligen Operations- und korrespondierenden Anästhesieprotokollen wurden folgende Informationen entnommen:

- Operationsverfahren (ventraler, dorsaler oder kombinierter Eingriff)
- Ein- oder zweizeitiger Eingriff
- Fusionsbereich
- Verwendetes Implantat
- Verwendung von autologem oder homologem Knochen
- Verwendung von Knochenersatzstoffen
- Fusionsbereich
- V-förmige Osteotomie/ Flavektomie, wenn ja, wie viele
- Thoraxdrainage
- Intraoperative Komplikationen
- Operationsdauer
- Blutverlust
- Verwendung eines Cell-Savers, Retransfusion, wenn ja wieviel
- Intraoperative Bluttransfusion (Eigen- oder Fremdblut), wenn ja, wie viel

Intraoperative Komplikationen wurden nach iatrogen und nicht vom Operateur bedingt klassifiziert.

#### 4.1.2 Datenerhebung: Krankenakten

Die Krankenakten wurden in Hinblick auf den postoperativen Verlauf, insbesondere postoperative Komplikationen, und den Befund bei der letzten Nachuntersuchung analysiert. Folgende Daten wurden hierbei im Einzelnen erhoben:

- Postoperative Komplikationen (früh, spät)
- Revisionseingriff, Ursache
- Postoperative Bluttransfusion (Eigen- oder Fremdblut), wenn ja, wie viel
- Tage bis zur Entfernung der Thoraxdrainage
- Tage bis zur Mobilisation
- Korsettversorgung, wenn ja, Ursache, Art und Dauer
- Dauer des stationären Aufenthalts postoperativ
- Metallentfernung, Ursache

Komplikationen während des Krankenhausaufenthalts wurden als frühe postoperative Komplikationen bezeichnet, nach Entlassung als Spätkomplikationen. Des Weiteren wurde ermittelt, ob diese Komplikationen mit einer dauerhaften Schädigung verbunden waren, oder es zu einer vollständigen Erholung kam.

#### 4.1.3 Datenerhebung: Röntgenaufnahmen

Zur Beurteilung des prä-, postoperativen und aktuellen sagittalen und frontalen Wirbelsäulenprofils wurden die entsprechenden Ganzwirbelsäulenaufnahmen im Stehen (Film-Fokus-Abstand 3 m) inklusive Hypomochlionaufnahme zur Dokumentation der Flexibilität der kyphotischen Deformität vermessen (s. u.). Darüber hinaus wurde die Implantatlage bezüglich Schrauben- und Hakenlage, Vorhandensein von Lysesäumen,

Stabdeformierung oder -bruch bewertet. Anhand der ap-Aufnahmen wurden skoliotische Primär-, Sekundär- und Tertiärkrümmungen nach der Methode von Cobb (Cobb 1948) erfasst. Zusätzlich wurde der Rumpfüberhang anhand des horizontalen Abstands zwischen den Dornfortsätzen C7 und S1 vermessen.

In den lateralen Röntgenaufnahmen wurden zunächst, beginnend mit dem präoperativen Bild, die Winkel für die BWS-Kyphose (T4 – T12), den thorakolumbalen Übergang (T10 – L2) und die LWS-Lordose (L1 – L5) gemäß Stagnara bzw. Cobb erhoben (Cobb 1948; Stagnara, De Mauroy et al. 1982). Überdies wurde die Halswirbelsäule nach der “posterioren tangentialen“ Methode nach Harrison (Harrison, Harrison et al. 2000) ausgemessen. Hierbei wird der Winkel zwischen den Tangenten der Wirbelkörperhinterkanten von C2 und C7 bestimmt. Dieser Winkel konnte nur bei 15 Patienten komplett, das heißt prä-, postoperativ und in der letzten Verlaufskontrolle erhoben werden, da sich die Schultern auf den lateralen Röntgenaufnahmen meist auf den Bereich um C7 projizieren und die Hinterkante des Wirbels somit nicht mehr identifiziert werden kann. Weiterhin wurden die maximale Kyphose sowie deren Flexibilität in der Hypomochlionaufnahme und die spätere Instrumentationsstrecke erfasst und im gleichen Bereich bei den postoperativen und Verlaufsaufnahmen ermittelt.

Zur Erfassung des nach Operation möglichen Abknickens der Wirbelsäule oberhalb der Instrumentationsstrecke, wurden die obere junktionale Kyphose im Bereich von der Grundplatte des zweitobersten instrumentierten Wirbelkörpers und der Deckplatte des zweiten Wirbelkörpers oberhalb des Instrumentariums nach Cobb gemessen. Bei Zunahme der oberen junktionalen Kyphose von mehr als 5 Grad wurde diese bei sämtlichen Röntgenbildern des Verlaufs untersucht, um den Zeitpunkt des Auftretens der junktionalen Kyphose zu präzisieren.

Analog zur oberen junktionalen Kyphose wurde bei der unteren junktionalen Kyphose vorgegangen. Hierbei wurde der Winkel zwischen der Deckplatte des zweituntersten Wirbelkörpers innerhalb der

Instrumentationsstrecke mit der Grundplatte des zweiten Wirbels außerhalb der Fusionsstrecke nach Cobb gemessen.

Bei 23 Patienten konnte der sagittale Rumpfüberhang, gemessen von Wirbelkörpermitte C7 bis Vorderkante S1, erfasst werden.

Zur Beurteilung der Operationsplanung wurde die erste lordotische Bandscheibe, der Scheitelwirbel der maximalen Kyphose sowie die Anzahl der fusionierten Segmente erfasst. Die postoperativen und aktuellsten lateralen Röntgenaufnahmen wurden ebenso ausgewertet.

In der Hypomochlionaufnahme wurde die Rigidität der maximalen Kyphose durch Überstreckung dokumentiert. Man spricht von einer flexiblen Wirbelsäule, wenn sich die Wirbelsäule auf  $\leq 55^\circ$  aufdehnen lässt. Ansonsten handelt es sich um eine rigide Wirbelsäule. Zweiundzwanzig Hypomochlionaufnahmen konnten ausgewertet werden.

#### 4.2 Nachuntersuchung

Jeder Patient wird während seines stationären Aufenthaltes gebeten, sich nach drei Monaten, sechs Monaten, einem Jahr, zwei Jahren, vier Jahren und 10 Jahren einen Termin in der Klinik und Poliklinik für allgemeine Orthopädie in Münster zur Verlaufsuntersuchung geben zu lassen. Fünfzehn Patienten, die sich zu den vereinbarten Verlaufsuntersuchungen nicht gemeldet hatten, wurde in einem Anschreiben eine Nachuntersuchung angeboten. Für Nachfragen wurde den Patienten die Möglichkeit der telefonischen Rückfrage gegeben. Hierbei wurde, mit Einverständnis der Patienten, eine Ganzwirbelsäulenröntgenaufnahme angefertigt. Außer der radiometrischen Beurteilung und der klinischen Untersuchung erfolgte ein ausführliches Gespräch über Veränderungen des Alltags und der Beschwerden, hervorgerufen durch die Operation.

### 4.3 Fragebogen

Um auswertbare Daten über die Veränderung des Alltagslebens durch die Operation beurteilen zu können, wurde jedem der 25 Patienten ein SRS-Score (Haher, Gorup et al. 1999; Merola, Haher et al. 2002) (siehe Anhang) mit einem frankierten Rückumschlag zugesandt. Hierbei handelt es sich um einen Score, der zur Beurteilung von Skoliosepatienten entwickelt wurde. Er wird analog jedoch für die Beurteilung von operativ behandelten Patienten mit einem Morbus Scheuermann verwendet (Poolman, Been et al. 2002).

Der SRS-Score besteht aus 24 Fragen zu den folgenden Bereichen:

- Präoperativer Schmerz (Fragen 1,2,3,6,8,10)
- Postoperativer Schmerz (Frage 18)
- Funktion und Aktivität präoperativ (Fragen 4,7,9,12,13)
- Funktion und Aktivität postoperativ (Fragen 16,17)
- Generelles Selbstbild präoperativ (Fragen 5,11,14,15)
- Generelles Selbstbild postoperativ (Fragen 19,20,21)
- Zufriedenheit mit der Operation (Fragen 22,23,24)

Alle Fragen lassen nur eine Einfachauswahl zu.

Fragen 1, 2 und 15 haben von eins bis neun skalierte Antworten. Die Fragen 9, 10 und 11 können jeweils mit ja oder nein beantwortet werden. Bei Fragen 12, 13, 16, 17, 18, 19 und 21 gibt es drei vorgegebene Antwortmöglichkeiten. Fragen 3, 4, 5, 6, 7, 8, 14, 20, 22, 23 und 24 geben fünf Antworten vor.

Bei der Scoreauswertung ergibt sich für jede Frage eine Minimalpunktzahl von eins und eine Maximalpunktzahl von fünf. Eine geringe Punktzahl bedeutet einen schlechten präoperativen Zustand, beziehungsweise eine postoperative Verschlechterung. Analog werden ein guter präoperativer Zustand oder eine postoperative Verbesserung mit hohen Punkten im Score bewertet. Der komplette Fragebogen ist im Anhang dieser Arbeit aufgeführt.

#### 4.4 Software und Statistik

Die Auswertung der Daten erfolgte computergestützt. Zur Dateneingabe, statistischen Auswertung und zum Erstellen der Diagramme und Tabellen wurde das Programm Microsoft Excel 2002 (Microsoft Corp., Redmond, Washington, USA) benutzt.

Für die Textverarbeitung wurde Microsoft Word 2002 (Microsoft Corp., Redmond, Washington, USA) verwendet.

Das Literaturverzeichnis wurde mit Hilfe von EndNote 8.0 (Adept Scientific, Letchworth, Großbritannien) erstellt.

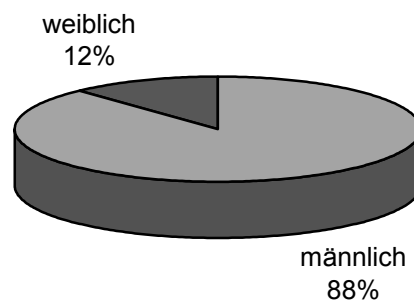
## 5. Ergebnisse

### 5.1. Ergebnisse aus Krankenakten und Operationsprotokollen

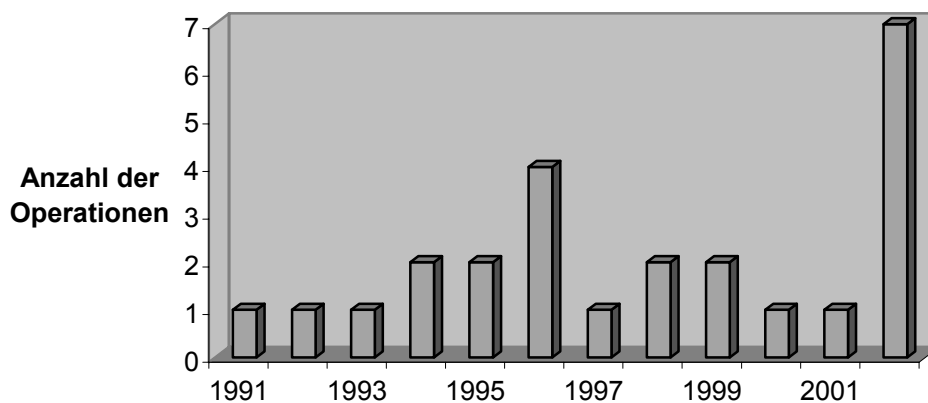
#### 5.1.1 Patienten

Von den 25 in den Jahren 1991 bis 2002 operativ behandelten Patienten waren drei weiblich und 22 männlich (s. Abbildung 5.1; Abbildung 5.2).

**Abbildung 5.1: Geschlechtsverteilung der Patienten**

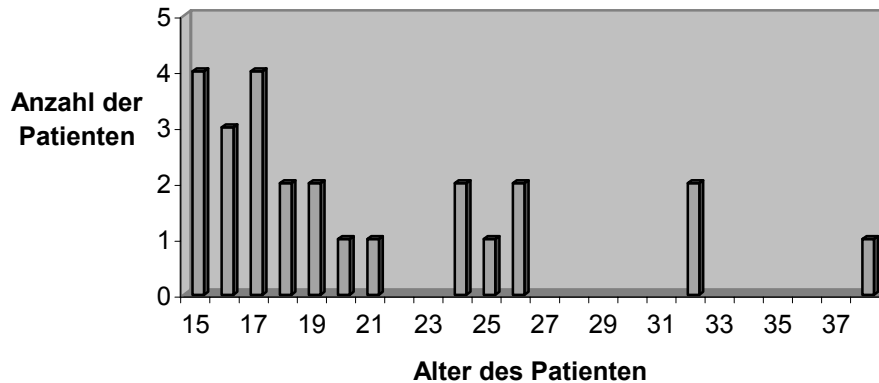


**Abbildung 5.2: Operationsfrequenz der Scheuermannkyphosen in den Jahren 1991-2002**



Zum Zeitpunkt der Operation betrug das durchschnittliche Alter 20,8 Jahre (SD  $\pm$  6,1 Jahre, 14,8 – 38,4 Jahre; s. Abbildung 5.3).

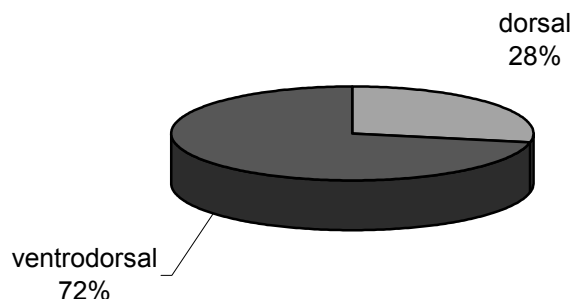
**Abbildung 5.3: Patientenalter zum Operationszeitpunkt**



### 5.1.2 Operationsverfahren

Achtzehn Patienten (72 %) wurden kombiniert/ ventrodorsal operiert, sieben Patienten (28 %) ausschließlich von dorsal (s. Abbildung 5.4).

**Abbildung 5.4: Operative Vorgehensweise zur Aufrichtung der Scheuermannkyphose**



Die ventrodorsale Operation erfolgte bei 17 Patienten (94 %) einzeitig. In einem Fall (6 %) wurde der Eingriff nach Abschluss der Instrumentation bei



einer Operationsdauer von 10 Stunden mit einem Blutverlust von 4215 ml vorläufig beendet. Nach Erholung des Patienten erfolgten zwei Wochen später eine Beckenkammspanentnahme, das Dekortizieren der Laminae und die Anlage einer Spanstrasse zur dorsalen Spondylodese. Bei einem Patienten wurde der ventrale Eingriff thorakoskopisch durchgeführt.

### 5.1.3 Implantatsysteme, Knochenersatzstoffe

Bei 23 Patienten (92 %) kam das Münsteraner Posteriore Doppelstab-System (MPDS; micomed Ortho, Unteraegeri, Schweiz) zur Anwendung. Hierbei wurden in vier Fällen (16%) anstelle der herkömmlichen 6 – 7 mm dicken Titanstäbe dünnere Gewindestäbe benutzt. Ein Patient (4 %) wurde ventral mit Platten und dorsal mit einem Gewindestab stabilisiert. Ein Patient (4 %) wurde mit dem Bad-Wildunger-Modul (BWM nach Dr. P. Metz-Stavenhagen, Stryker Howmedica, Kalamazoo, Michigan, USA) instrumentiert.

Fünf Patienten (20 %) wurden mit dem MPDS ohne ventrales Release versorgt. Zwei Patienten (8 %) wurden rein von dorsal mit Gewindestäben aufgerichtet. Zwei Patienten (8 %) wurden mit einem ventralen Release und dorsaler Kompression mit Gewindestäben behandelt.

Bei sechs Patienten (24 %) wurden kranial Haken und kaudal Pedikelschrauben verwendet. Bei den übrigen 19 Operationen (76 %) kamen nur Pedikelschrauben zum Einsatz.

Zur dorsalen Spondylodese wurden autologe Knochenspäne aus dem Beckenkamm verwendet, wobei in vier Fällen (16 %) eine Augmentation durch synthetisch hergestellte osteokonduktive Knochenersatzstoffe in Form von Trikalziumphosphat (Vitoss, Orthovita Inc., Malvern, U.S.A.) erfolgte.

#### 5.1.4 Perioperative Parameter

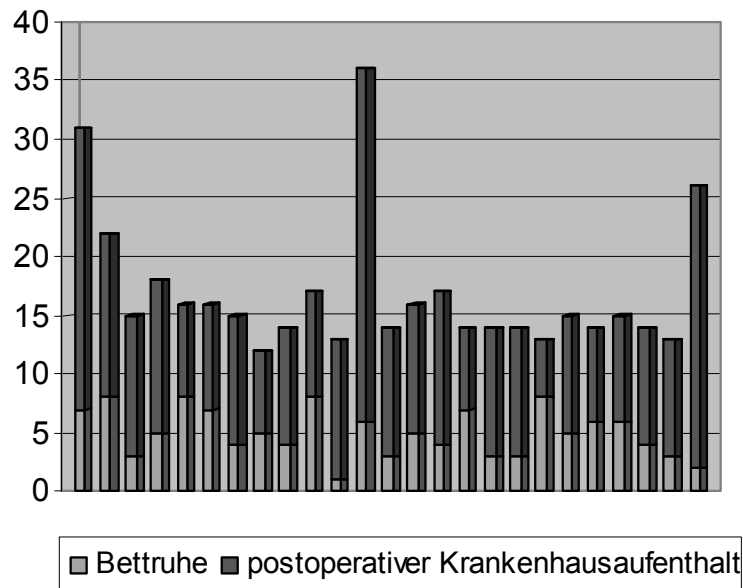
Die Operationsdauer betrug durchschnittlich 409,2 Minuten (SD  $\pm$  131,3 min, 225 – 750 min). Die Länge der Fusionsstrecke betrug im Durchschnitt 8,9 Bewegungssegmente (SD  $\pm$  1,9 Bewegungssegmente, 5 – 12 Bewegungssegmente). Dabei ergab sich ein mittlerer Blutverlust von 2298 ml (SD  $\pm$  1582,1 ml, 560 – 6300 ml). Intraoperativ erhielten neun Patienten (36 %) Eigenblut, ein Patient (4 %) Fremdblut und ein weiterer Patient (4 %) sowohl Eigen- als auch Fremdblut. Im Mittel wurden 0,8 Eigenerthrozytenkonzentrate (SD  $\pm$  1,2, 0 – 4) und 0,2 Fremderthrozytenkonzentrate (SD  $\pm$  0,6, 0 – 2) während der Operation transfundiert. In allen Fällen wurde ein Cellsaver verwendet, wobei den Patienten durchschnittlich 926 ml Blut (SD  $\pm$  966,7 ml, 0 – 3500 ml) zurückgeführt werden konnte. Postoperativ wurde sieben Patienten (28 %) Eigenblut- und drei Patienten (12 %) Fremdblutkonserven transfundiert.

Die Thoraxdrainage (bei ventralem Eingriff) wurde nach durchschnittlich 4,9 Tagen entfernt (SD  $\pm$  1,6 Tage, 3 – 8 Tage).

#### 5.1.5 Mobilisation

Die Patienten konnten im Mittel nach fünf Tagen postoperativ mobilisiert werden (SD  $\pm$  2 Tage, 1 – 8 Tage), wobei sechs Patienten (24 %) aufgrund drohender mechanischer Überbeanspruchung des Instrumentariums mit einem Korsett (reclinierende Rumpforthese) versorgt wurden. Die mittlere Tragezeit betrug hierbei 8,7 Monate (SD  $\pm$  1,6 Monate, 6 – 11 Monate). Der postoperative Krankenhausaufenthalt lag bei durchschnittlich 17 Tagen (SD  $\pm$  5,7 Tage, 12 – 36 Tage; s. Abbildung 5.5).

**Abbildung 5.5: Bettruhe und postoperativer Krankenhausaufenthalt**



### 5.1.6 Komplikationen

Ein komplikationsloser Behandlungsverlauf zeigte sich bei 16 Patienten (64 %).

Bei drei Patienten (12 %) traten intraoperativ vier Komplikationen auf (s. Abbildung 5.6). Die Initialen der Patienten sind in Klammern angegeben:

- Bogenfraktur bei Instrumentation von T5 (TMV)
- Auswandern der Schrauben L1 und T7 jeweils beidseits (TMV)
- Venöse Blutung aus dem Foramen ischiadicum bei Beckenkammspanentnahme (SM)
- Pneumothorax durch fistelnde Bulla bei ventralem Eingriff (SC)

Frühpostoperativ – während des stationären Aufenthaltes – traten fünf Komplikationen bei fünf Patienten (20 %) auf:

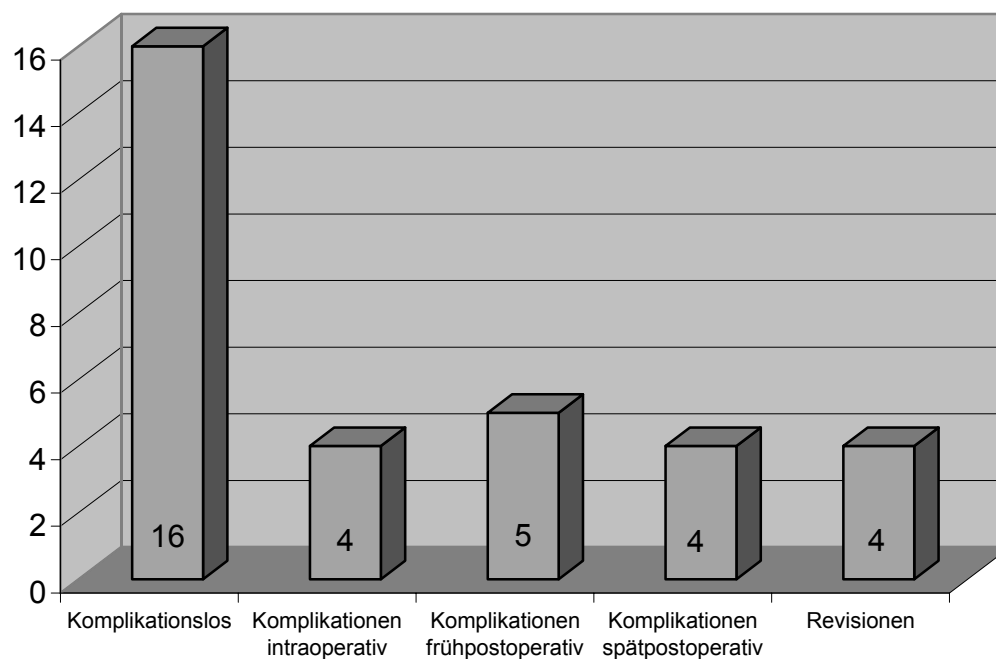
- Beginnender inkompletter sensibler Querschnitt am 1. postoperativen Tag mit sofortiger Revision und vollständiger Erholung der neurologischen Funktion (KA)
- Hämatoemesis am 1. postoperativen Tag (NU)
- Punktionsbedürftiger Pleuraerguss links bei Thoraxdrainage rechts (SL)
- Revisionsbedürftige, 6 cm lange Wundheilungsstörung (HDA)
- Nicht-revisionsbedürftige oberflächliche Wundheilungsstörung (HM)

Spätkomplikationen – nach Verlassen des Krankenhauses – ergaben sich vier bei vier Patienten (16 %):

- Schraubenauswanderung T4 links (SM), nicht revisionsbedürftig
- Schraubenauswanderung T5 beidseits zwischen 18 und 28 Monaten postoperativ (DS), nicht revisionsbedürftig
- Implantatbedingte Schmerzen, Metallentfernung 84 und 110 Monate postoperativ (TMV, AP)

Wie oben bereits angegeben waren vier Komplikationen revisionsbedürftig.

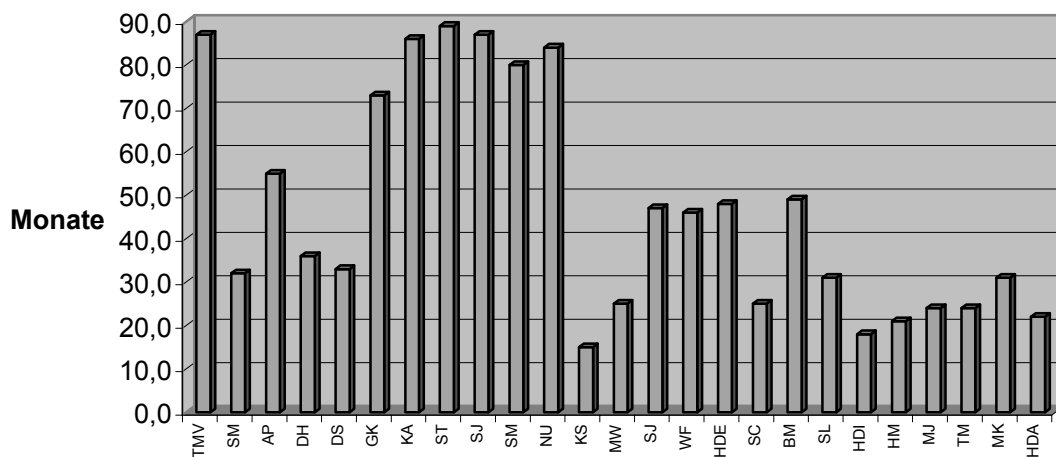
**Abb. 5.6: Komplikationen im Behandlungsverlauf**



## 5.2 Ergebnisse der radiometrischen Untersuchung

Bei 23 Patienten (92 %) war eine radiometrische Analyse mit einem mittleren Nachbeobachtungszeitraum von 46,7 Monaten (SD  $\pm$  25,2 Monate, 15 – 89 Monate) möglich (s. Abbildung 5.7).

**Abbildung 5.7: Nachbeobachtungszeitraum in Monaten**



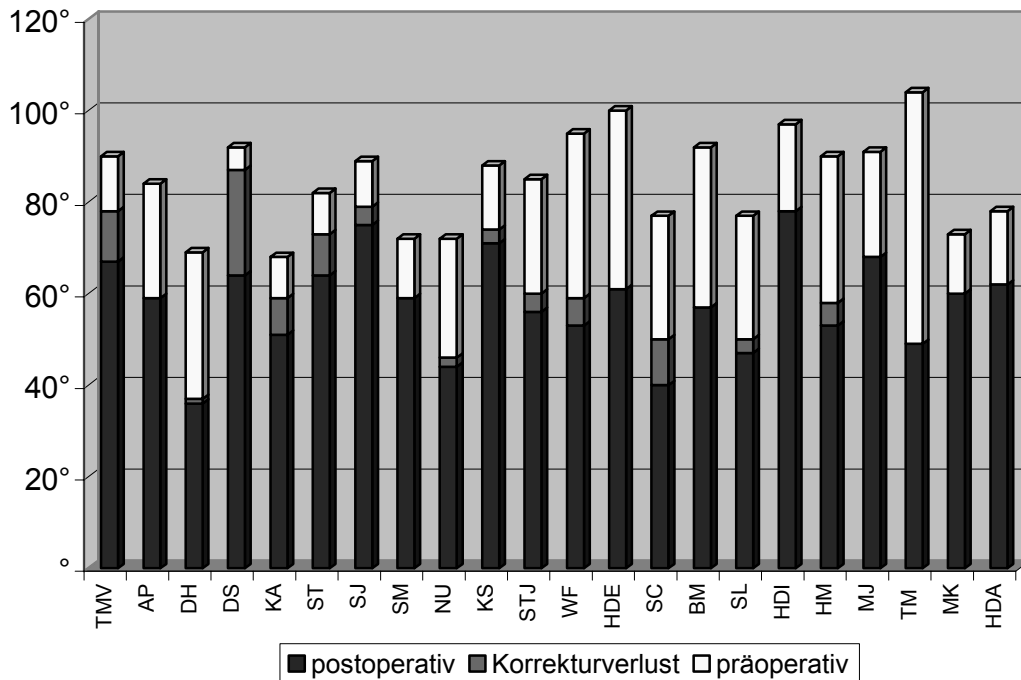
In Tabelle 5.1 sind für alle Patienten die maximale Kyphose und ihre Ausdehnung, ihr Scheitelwirbel, die erste lordotische Bandscheibe sowie die Flexibilität in der Hypomochlionaufnahme, die Instrumentationsstrecke und die Anzahl der fusionierten Bewegungssegmente angegeben (s. Tabelle 5.1).

**Tabelle 5. 1: Radiometrische Daten der Patienten als Grundlage für die Fusionsstrecke**

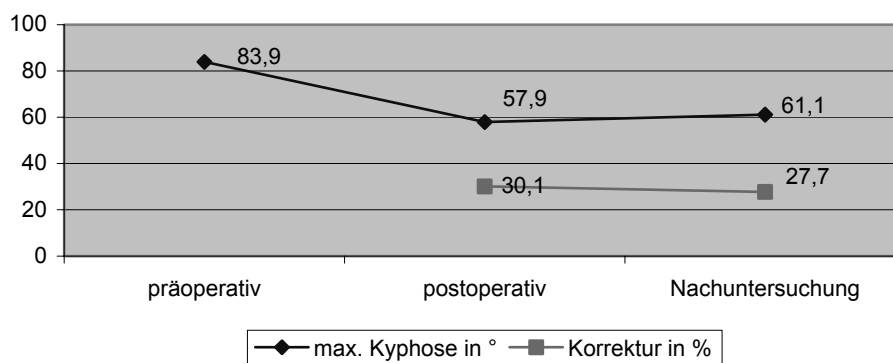
| Patienten | maximaler Cobb-Winkel sagittal präoperativ | gemessen von - bis Wirbelkörper | Scheitelwirbel Kyphose präoperativ | 1. lordotische Bandscheibe | Maximaler Cobb-Winkel Hypomochlion-Aufnahme | Fusionsstrecke | Anzahl fusionierter Segmente |
|-----------|--|---------------------------------|------------------------------------|----------------------------|---|----------------|------------------------------|
| TMV       | 90°  | T4-L1                           | T9                                 | L1/ L2                     | 58°   | T4-L1          | 9                            |
| AP        | 84°  | T3-L1                           | T8                                 | L1/ L2                     | 56°   | T5-L1          | 8                            |
| DH        | 69°  | T7-L1                           | T10                                | L1/ L2                     | 48°   | T6-L1          | 7                            |
| DS        | 92°  | T2-T12                          | T7                                 | T12/ L1                    | 73°   | T5-T12         | 7                            |
| GK        | 64°  | T6-L2                           | T10                                | L2/ L3                     | 46°   | T7-L2          | 7                            |
| KA        | 68°  | T8-L1                           | T11                                | L1/ L2                     | 37°   | T8-L1          | 5                            |
| ST        | 73°  | T3-T12                          | T9                                 | T12/ L1                    | 57°   | T6-L1          | 7                            |
| SJ        | 89°  | T2-L1                           | T10                                | L1/ L2                     | 52°   | T6-L1          | 7                            |
| SM        | 72°  | T4-T11                          | T7                                 | T12/ L1                    | 54°   | T4-T12         | 8                            |
| NU        | 72°  | T4-T12                          | T8                                 | T12/ L1                    | 59°   | T5-L1          | 8                            |
| KS        | 88°  | T5-L1                           | T9                                 | L1/ L2                     | 72°   | T7-L2          | 7                            |
| STJ       | 85°  | T5-T12                          | T8                                 | L1/ L2                     | 69°   | T4-L2          | 10                           |
| WF        | 95°  | T3-L2                           | T9                                 | L2/ L3                     | 70°   | T3-L3          | 12                           |
| HDE       | 100°                                       | T2-L1                           | T9                                 | L1/ L2                     | 62°   | T2-L2          | 12                           |
| SC        | 77°  | T3-T12                          | T7                                 | T12/ L1                    | 42°   | T3-L1          | 10                           |
| BM        | 92°  | T6-T12                          | T9                                 | L1/ L2                     | X   | T5-L2          | 9                            |
| SL        | 77°  | T5-L2                           | T9                                 | L1/ L2                     | 39°   | T4-L2          | 10                           |
| HDI       | 97°  | T3-T12                          | T8                                 | L1/ L2                     | 90  | T3-L2          | 11                           |
| HM        | 80°  | T4-L2                           | T11                                | L2/ L3                     | 67  | T7-L3          | 8                            |
| MJ        | 91°  | T4-L1                           | T9                                 | L2/ L3                     | 78  | T4-L3          | 11                           |
| TM        | 104°                                       | T4-L2                           | T10                                | L2/ L3                     | 82  | T4-L3          | 11                           |
| MK        | 73°  | T4-T12                          | T8                                 | L1/ L2                     | 63  | T4-L2          | 10                           |
| HDA       | 78°  | T5-T12                          | T8                                 | L2/ L3                     | 60  | T4-L3          | 11                           |

Präoperativ lag eine mittlere maximale Kyphose von 83,9° vor (SD ± 10,4°, 68° – 104°). Diese konnte auf durchschnittlich 57,9° (SD ± 10,6°, 36° – 78°) korrigiert werden, somit ergab sich für die Korrektur ein Mittelwert von 26,5° (SD ± 12,7°, 9° – 55°) bzw. 31,6 %. In der letzten Nachuntersuchung zeigte sich eine mittlere maximale Kyphose von 61° (SD ± 12°, 37° – 87°) und dementsprechend ein durchschnittlicher Korrekturverlust von 3° (SD ± 6°, 5° – 23°; s. Abbildung 5.8; Abbildung 5.9).

**Abbildung 5.8: Korrektur durch Operation und späterer Korrekturverlust der maximalen Kyphose**



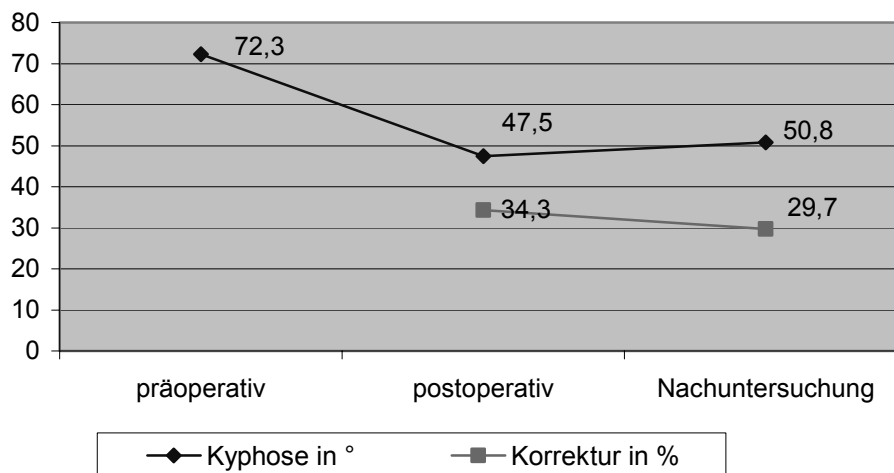
**Abbildung 5.9: Korrektur der durchschnittlichen maximalen Kyphose**



Anhand der präoperativen Hypomochlionaufnahmen ließ sich für die maximale Kyphose ein Winkel von  $60,6^\circ$  ( $SD \pm 13,5^\circ$ ,  $27^\circ - 90^\circ$ ) ermitteln. Sieben Patienten wiesen eine flexible Kyphose auf, die übrigen 15 eine rigide Deformität.

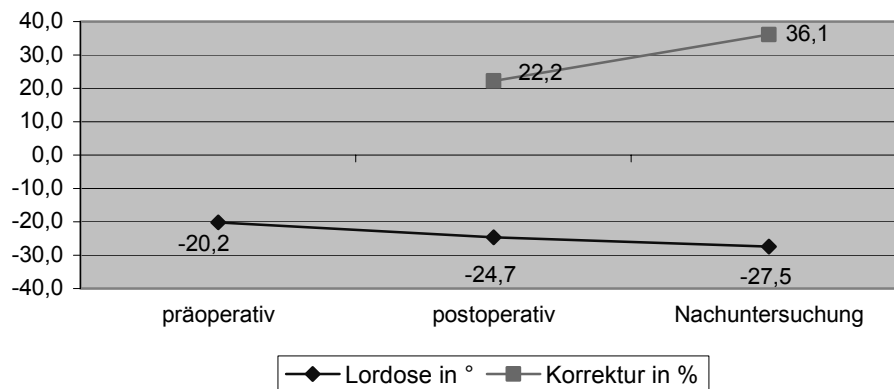
In Hinblick auf die Instrumentationsstrecke ergab sich präoperativ ein Winkel von durchschnittlich  $72,3^\circ$  nach Cobb (SD  $\pm 10^\circ$ ,  $53^\circ - 92^\circ$ ) und postoperativ von  $47,5^\circ$  (SD  $\pm 8,9^\circ$ ,  $36^\circ - 67^\circ$ ), entsprechend einer mittleren Korrektur von  $24,8^\circ$  (34,3 %) nach Cobb (SD  $\pm 12,9^\circ$ ,  $3^\circ - 54^\circ$ ). Zum Nachuntersuchungszeitpunkt ließ sich ein durchschnittlicher Winkel von  $50,8^\circ$  (SD  $\pm 5,5^\circ$ ,  $37^\circ - 78^\circ$ ) ausmessen, woraus ein mittlerer Korrekturverlust von  $3,7^\circ$  (SD  $\pm 4,5^\circ$ ,  $0^\circ - 12^\circ$ ) resultiert (s. Abbildung 5.10).

**Abbildung 5.10: Korrektur der Kyphose im Instrumentationsbereich**

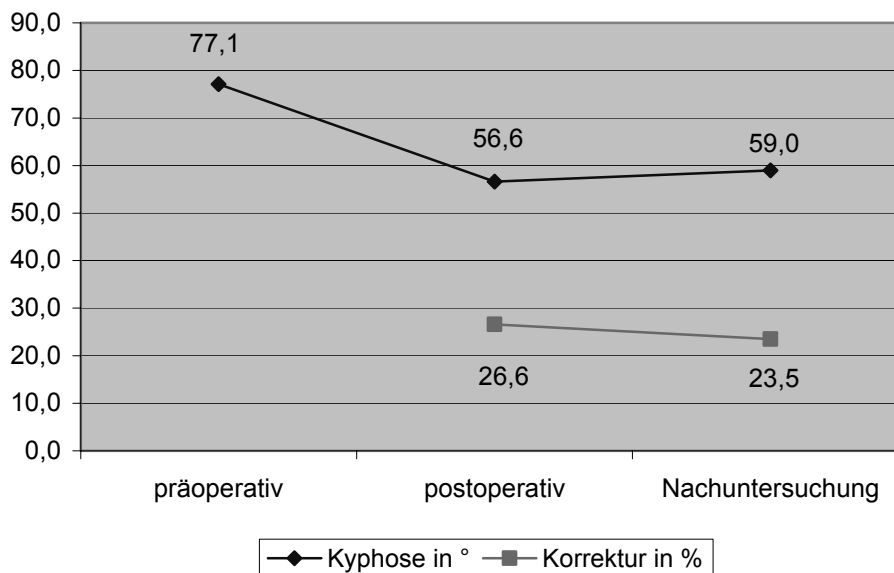


In 15 Fällen war eine radiometrische Analyse des sagittalen Profils der HWS möglich. Präoperativ zeigte sich hier ein Winkel von durchschnittlich  $-20,2^\circ$  (SD  $\pm 16,6^\circ$ ,  $-48^\circ - 8^\circ$ ), postoperativ fand sich eine Zunahme auf  $-24,7^\circ$  (SD  $\pm 14,1^\circ$ ,  $-47^\circ - 3^\circ$ ) und zum letzten Nachuntersuchungszeitpunkt eine weitere Zunahme auf  $-27,5^\circ$  (SD  $\pm 12,2^\circ$ ,  $-44^\circ - -4^\circ$ ; s. Abbildung 5.11).



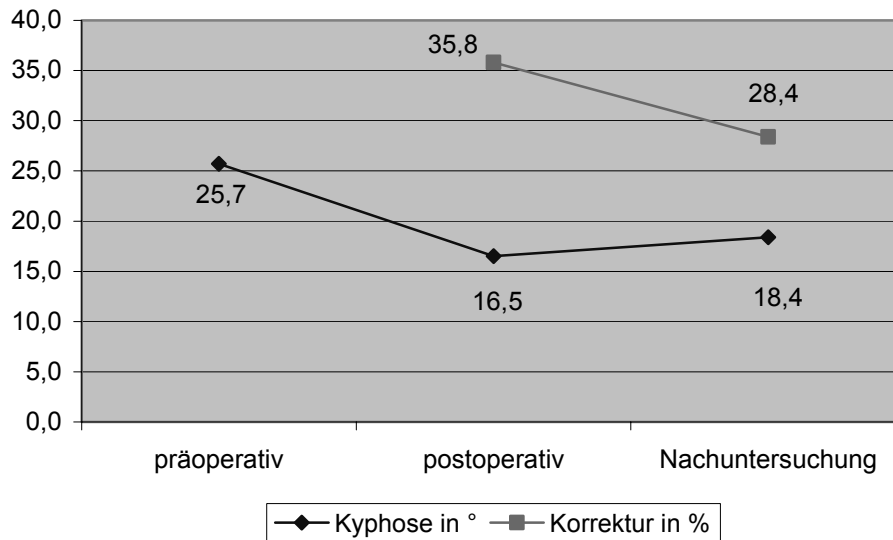
**Abbildung 5.11: Veränderung der Lordose der HWS**

Für die BWS ergab sich präoperativ eine mittlere Kyphose von  $77,1^\circ$  (SD  $\pm 10,5^\circ$ ,  $59^\circ - 94^\circ$ ), postoperativ  $56,6^\circ$  (SD  $\pm 9,2^\circ$ ,  $38^\circ - 73^\circ$ ) und aktuell  $59^\circ$  (SD  $\pm 10,3^\circ$ ,  $38^\circ - 76^\circ$ ; s. Abbildung 5.12).

**Abbildung 5.12: Korrektur der Kyphose der BWS**

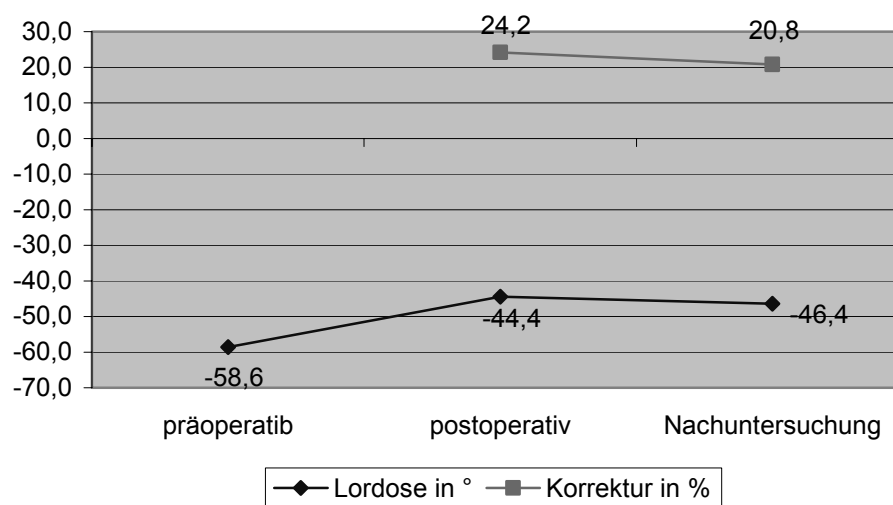
Für den thorakolumbalen Übergangsbereich ließ sich präoperativ ein Winkel von  $25,7^\circ$  (SD  $\pm 21,6^\circ$ ,  $-10^\circ - 72^\circ$ ), postoperativ  $16,5^\circ$  (SD  $\pm 11,6^\circ$ ,  $-8^\circ - 41^\circ$ ) und aktuell  $18,4^\circ$  (SD  $\pm 12,9^\circ$ ,  $-8^\circ - 44^\circ$ ; s. Abbildung 5.14) ausmessen.

**Abbildung 5.13: Korrektur der Kyphose im thorakolumbalen Übergang**



Die Lendenwirbelsäule wies vor der Operation einen Winkel von  $-58,6^\circ$  (SD  $\pm 13,2^\circ$ ,  $-88^\circ - -27^\circ$ ) auf. Dieser reduzierte sich postoperativ auf  $-44,4^\circ$  (SD  $\pm 10,6^\circ$ ,  $-63^\circ - -22^\circ$ ). In der letzten Kontrolluntersuchung ergab sich ein mittlerer Lordosewinkel von  $-46,4^\circ$  (SD  $\pm 10,4^\circ$ ,  $-66^\circ - -18^\circ$ ; s. Abbildung 5.14).

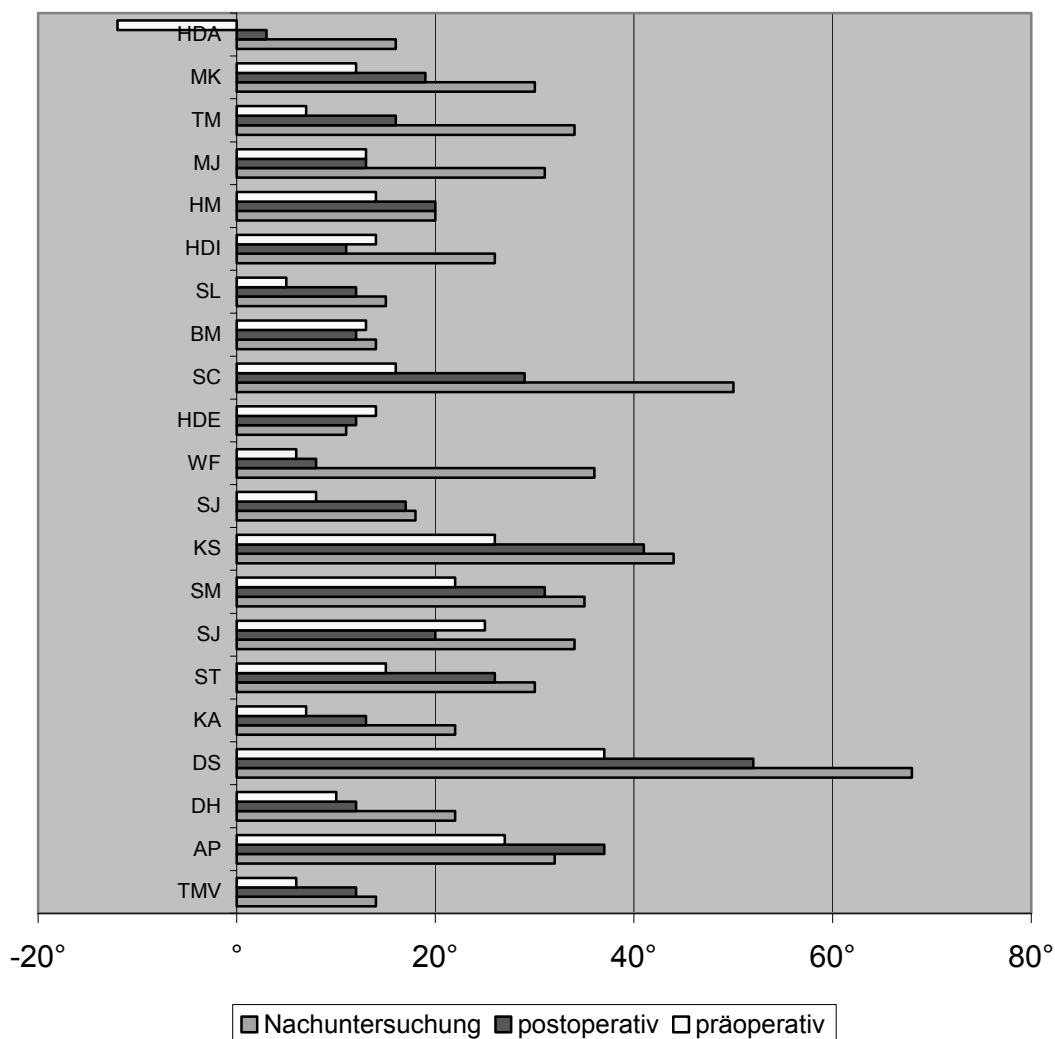
**Abbildung 5.14: Korrektur der Lordose der LWS**



Bei 21 Patienten ließ sich die obere junktionale Kyphose präoperativ, postoperativ und im Verlauf beurteilen. Präoperativ ließ sich ein

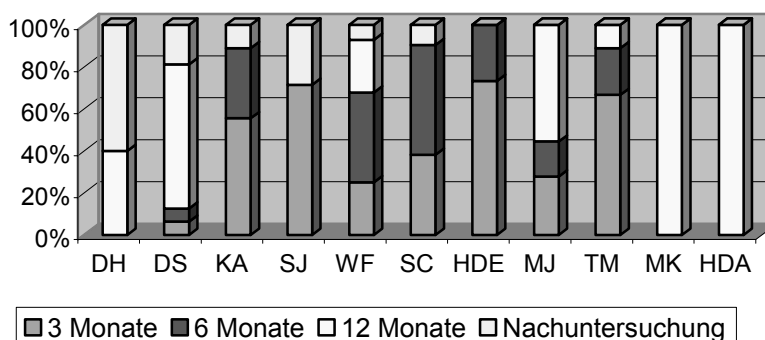
durchschnittlicher Wert von  $13,6^\circ$  (SD  $\pm 9,9$ ,  $-12^\circ - 37^\circ$ ) ermitteln. Dieser vergrößerte sich um 45,6 % auf postoperative  $19,8^\circ$  (SD  $\pm 11,9^\circ$ ,  $3^\circ - 52^\circ$ ). In der Nachuntersuchung stieg der Mittelwert um weitere 44,9 % auf  $28,7^\circ$  an (SD  $\pm 13,4^\circ$ ,  $11^\circ - 68^\circ$ ). In absoluten Zahlen ergibt sich somit durch die Operation eine durchschnittlicher Zunahme der oberen junktionalen Kyphose von  $6,2^\circ$  (SD  $\pm 6,0^\circ$ ,  $-5^\circ - 15^\circ$ ). Dazu kommt eine durchschnittliche Veränderung bis zur letzten Nachsorgeuntersuchung von mittleren  $8,9^\circ$  (SD  $\pm 8,3^\circ$ ,  $-5^\circ - 28^\circ$ ) in diesem Bereich. Somit kommt es zu einer Gesamtveränderung der oberen junktionalen Kyphose von durchschnittlich  $15,1^\circ$  (SD  $\pm 9,9^\circ$ ,  $-3^\circ - 34^\circ$ ; s. Abbildung 5.15).

**Abbildung 5.15: Veränderung der oberen junktionalen Kyphose im Behandlungsverlauf**



Bei 11 Patienten (52,4 %) zeigte sich eine absolute Zunahme der oberen junktionalen Kyphose von über 5° im postoperativen Verlauf. Bei diesen trat eine durchschnittliche junktionale Kyphose von 15,7° auf. Nach Auswertung aller radiologischen Verlaufsbilder zeigte sich bei einem Patienten, dass der Großteil der Kyphosierung in den ersten drei Monaten stattfand. Bei vier Patienten zeigte sich dies innerhalb der ersten sechs Monate. Fünf Patienten zeigten eine kontinuierliche Kyphosebildung innerhalb der ersten 12 Monate postoperativ. In einem Fall nahm die obere junktionale Kyphose innerhalb der ersten zwei Jahre immer weiter zu (s. Abbildung 5.16).

**Abbildung 5.16: Prozentuale Zunahme der oberen junktionalen Kyphose im postoperativen Verlauf**



Es ergab sich bei fünf Patienten (23,8 %) eine Zunahme der junktionalen Kyphose von über 25° verglichen mit dem präoperativen Zustand. Von diesen haben zwei Patienten ihren Scheitelwirbel bei T7, ein Patient bei T8, ein Patient bei T9 und ein Patient bei T10. Zehn Patienten (47,6 %) zeigten eine Zunahme von 10° – 24°.

Bei sechs Patienten (16 %) ist die junktionale Kyphose kleiner als 10°. Hierbei handelt es sich vorwiegend um Kyphosen mit tieferem Scheitelwirbel (s. Tabelle 5.2).

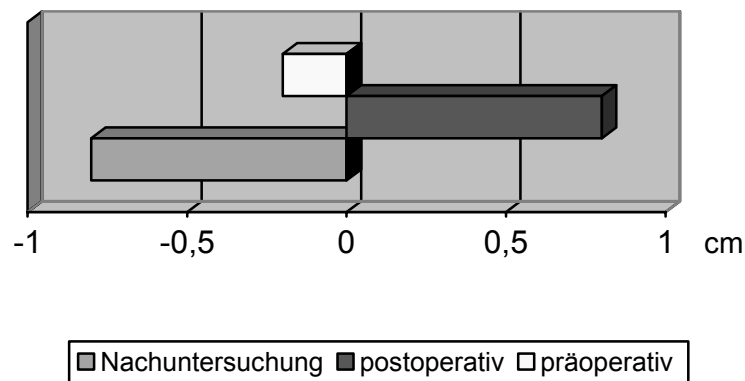
**Tabelle 5. 2: Veränderung der oberen junktionalen Kyphose nach Höhe des Scheitelwirbels der Kyphose**

|     | Scheitelwirbel der Kyphose | maximale Kyphose | Korrektur um | in % | gemessen von | Fusionsstrecke von – bis | Fusionsstrecke präoperativ | Korrektur um | in % | junktionale Kyphose präoperativ | Zunahme junktionale Kyphose durch OP | Zunahme bei Nachuntersuchung | Haken |
|-----|----------------------------|------------------|--------------|------|--------------|--------------------------|----------------------------|--------------|------|---------------------------------|--------------------------------------|------------------------------|-------|
| DS  | T7                         | 92°              | 28°          | 30   | T2           | T5-12                    | 70°                        | 30°          | 43   | 37°                             | 15°                                  | 31°                          |       |
| SM  | T7                         | 72°              | 13°          | 18   | T5           | T4-12                    | 67°                        | 10°          | 15   | 22°                             | 9°                                   | 13°                          |       |
| SC  | T7                         | 77°              | 37°          | 48   | T3           | T3-L1                    | 69°                        | 31°          | 45   | 16°                             | 13°                                  | 34°                          | ja    |
| AP  | T8                         | 84°              | 25°          | 30   | T3           | T5-L1                    | 79°                        | 38°          | 48   | 27°                             | 10°                                  | 5°                           |       |
| STJ | T8                         | 85°              | 29°          | 34   | T5           | T4-12                    | 66°                        | 17°          | 26   | 8°                              | 9°                                   | 10°                          | ja    |
| HDI | T8                         | 97°              | 19°          | 20   | T3           | T3-L3                    | 80°                        | 18°          | 23   | 14°                             | -3°                                  | 12°                          |       |
| MK  | T8                         | 73°              | 13°          | 18   | T4           | T4-L2                    | 60°                        | 3°           | 5    | 12°                             | 7°                                   | 18°                          |       |
| HDA | T8                         | 78°              | 16°          | 20   | T5           | T4-12                    | 53°                        | 10°          | 10   | -12°                            | 15°                                  | 28°                          |       |
| TMV | T9                         | 90°              | 23°          | 26   | T4           | T4-L1                    | 90°                        | 23°          | 26   | 6°                              | 6°                                   | 8°                           |       |
| ST  | T9                         | 73°              | 9°           | 12   | T3           | T6-L1                    | 61°                        | 25°          | 41   | 15°                             | 11°                                  | 15°                          |       |
| KS  | T9                         | 88°              | 17°          | 19   | T5           | T7-L2                    | 75°                        | 19°          | 25   | 26°                             | 15°                                  | 18°                          |       |
| WF  | T9                         | 95°              | 42°          | 44   | T3           | T3-L3                    | 84°                        | 42°          | 50   | 6°                              | 2°                                   | 30°                          | ja    |
| HDE | T9                         | 100°             | 39°          | 39   | T2           | T2-L2                    | 92°                        | 40°          | 43   | 14°                             | -2°                                  | -3°                          | ja    |
| BM  | T9                         | 92°              | 35°          | 38   | T6           | T5-L2                    | 67°                        | 10°          | 15   | 13°                             | -1°                                  | 1°                           |       |
| SL  | T9                         | 77°              | 30°          | 39   | T5           | T4-L2                    | 71°                        | 20°          | 28   | 5°                              | 7°                                   | 10°                          |       |
| MJ  | T9                         | 91°              | 23°          | 25   | T4           | T4-L3                    | 76°                        | 26°          | 34   | 13°                             | 0°                                   | 18°                          |       |
| DH  | T10                        | 69°              | 33°          | 48   | T7           | T6-L1                    | 67°                        | 29°          | 43   | 10°                             | 2°                                   | 12°                          |       |
| SJ  | T10                        | 89°              | 14°          | 16   | T2           | T6-L1                    | 68°                        | 25°          | 37   | 25°                             | -5°                                  | 9°                           |       |
| TM  | T10                        | 104°             | 55°          | 53   | T4           | T4-L3                    | 91°                        | 54°          | 59   | 7°                              | 9°                                   | 27°                          |       |
| KA  | T11                        | 68°              | 17°          | 25   | T8           | T8-L1                    | 68°                        | 17°          | 25   | 7°                              | 6°                                   | 15°                          |       |
| HM  | T11                        | 80°              | 37°          | 46   | T4           | T7-L3                    | 64°                        | 27°          | 42   | 14°                             | 6°                                   | 6°                           |       |

Die untere junktionale Kyphose zeigte im Durchschnitt keine Veränderung ( $SD \pm 6,0$ ,  $-17^\circ - 8^\circ$ ). Acht Patienten lagen mit ihren Werten im Bereich der Messgenauigkeit. Bei sechs Patienten zeigte sich eine untere junktionale Kyphose von  $\geq 5^\circ$ . Es zeigten sich drei Patienten mit einer lordotischen Abweichung in diesem Bereich von  $-8^\circ$ ,  $-10^\circ$  und  $-17^\circ$ .

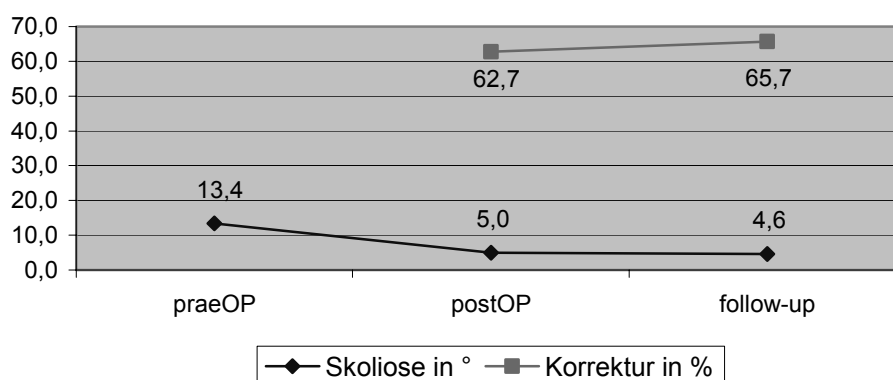
Bei 19 Patienten konnten alle drei Aufnahmen des Rumpfüberhangs ausgewertet und verglichen werden. Dabei ergab sich präoperativ ein Mittelwert von  $-0,2$  cm ( $SD \pm 3,4$  cm,  $-6,3 - 8,0$  cm). Durch die Operation wurde dieser nach vorne, auf durchschnittlich  $0,8$  cm ( $SD \pm 3,0$  cm,  $-5,3$  cm  $- 4,8$  cm), verschoben. In der Nachuntersuchung verlagerte sich das sagittale Lot wieder nach hinten auf durchschnittlich  $-0,8$  cm ( $SD \pm 2,7$  cm,  $-5$  cm  $- 6,3$  cm; s. Abbildung 5.17).

**Abbildung 5.17: Veränderung des sagittalen Lots im Behandlungsverlauf**



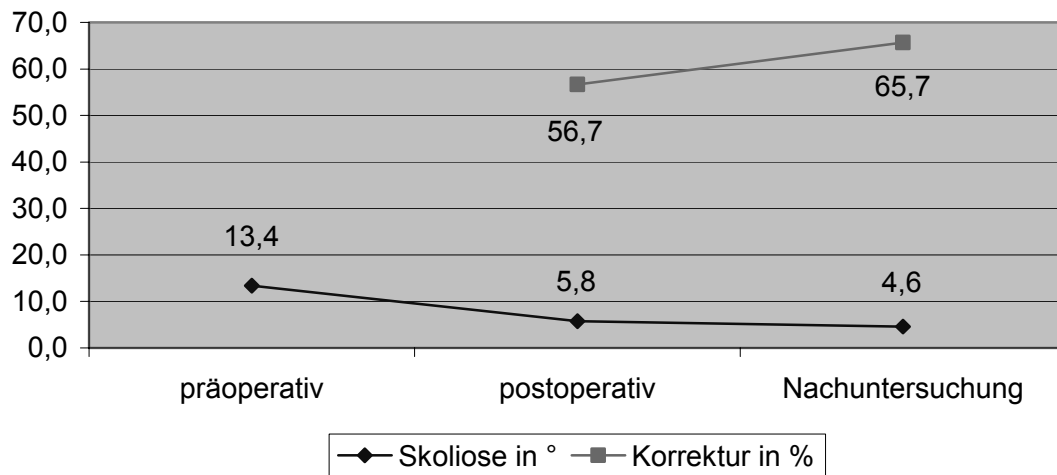
Einundzwanzig Patienten zeigten eine skoliotische Primärkrümmung von mittleren  $13,4^\circ$  ( $SD \pm 6,7^\circ$ ,  $5^\circ - 28^\circ$ ). Diese wurde postoperativ auf durchschnittlich  $5^\circ$  korrigiert (62,7 %) ( $SD \pm 5,4^\circ$ ,  $0^\circ - 19^\circ$ ). Im Verlauf zeigte sich dann ein Mittelwert von  $4,6^\circ$  und somit eine Korrektur von 65,7 % ( $SD \pm 4,4^\circ$ ,  $0^\circ - 17^\circ$ ; s. Abbildung 5.18).

**Abbildung 5.18: Veränderung der skoliotischen Primärkrümmung**



In acht Fällen zeigte sich eine skoliotische Sekundärkrümmung mit durchschnittlich  $13,4^\circ$  ( $SD \pm 3,2^\circ$ ,  $7^\circ - 18^\circ$ ). Diese wurde durch die Operation auf  $5,8^\circ$  verringert ( $SD \pm 4,0^\circ$ ,  $0^\circ - 13^\circ$ ). In der letzten Nachuntersuchung zeigte sich ein Durchschnitt von  $4,6^\circ$  ( $SD \pm 3,2^\circ$ ,  $0^\circ - 8^\circ$ ; s. Abbildung 5.19)

**Abbildung 5.19: Veränderung der skoliotischen Sekundärkrümmung**

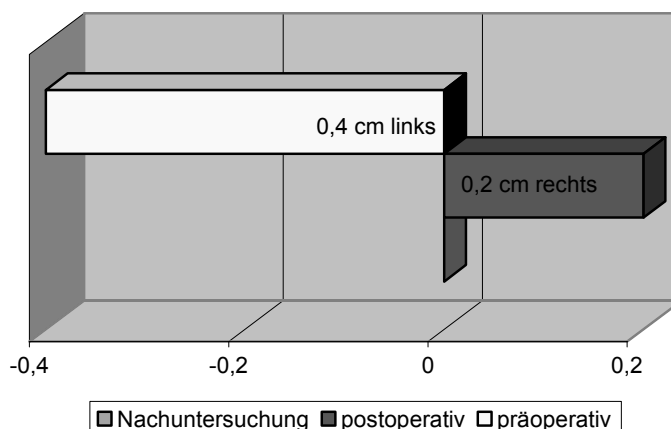


Ein Patient wies eine Tertiärkrümmung von  $10^\circ$  präoperativ auf, die komplett korrigiert werden konnte.

Das frontale Lot verschob sich von durchschnittlich 0,4 cm links (SD  $\pm$  1,3 cm, 2 cm links – 1,1 cm rechts) auf mittlere 0,1 cm rechts postoperativ (SD  $\pm$  1,1 cm, 3,0 cm links – 3,4 cm rechts).

In der Follow-up Untersuchung zeigte sich das frontale Lot durchschnittlich bei 0 (SD  $\pm$  1,3 cm, 2,5 cm links – 2,8 cm rechts; s. Abbildung 5.20)

**Abbildung 5.20: Veränderung des frontalen Lots im Behandlungsverlauf**

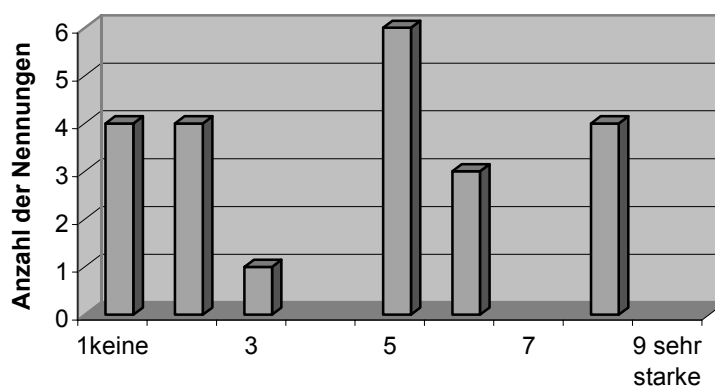


### 5.3 Ergebnisse der Fragebogenauswertung:

Beim SRS-Score wurden durchschnittlich 82,6 Punkte (SD  $\pm$  10,8, 58 – 100) erreicht.

Auf Frage 1, „Auf einer Skala von 1 bis 9, mit der Bedeutung „keine Schmerzen“ für 1 und „sehr starke Schmerzen“ für 9, kreuzen Sie bitte den Grad der Schmerzen an, den Sie gewöhnlich verspürt haben.“, antworteten die Patienten im Durchschnitt mit 3,3 Punkten (SD  $\pm$  1,5, 1 – 5; s. Abbildung 5.21).

**Abbildung 5.21: Frage 1 - Grad der Schmerzen präoperativ**



Frage 2, „Unter der Benutzung der gleichen Skala, kreuzen Sie bitte den Grad der stärksten Schmerzen an, den Sie innerhalb des letzten Monats vor der Operation verspürt haben.“, wurde mit mittleren 3,0 Punkten (SD  $\pm$  1,5, 1 – 5; s. Abbildung 5.22) beantwortet.



**Abbildung 5.22: Frage 2 - Grad der Schmerzen einen Monat präoperativ**

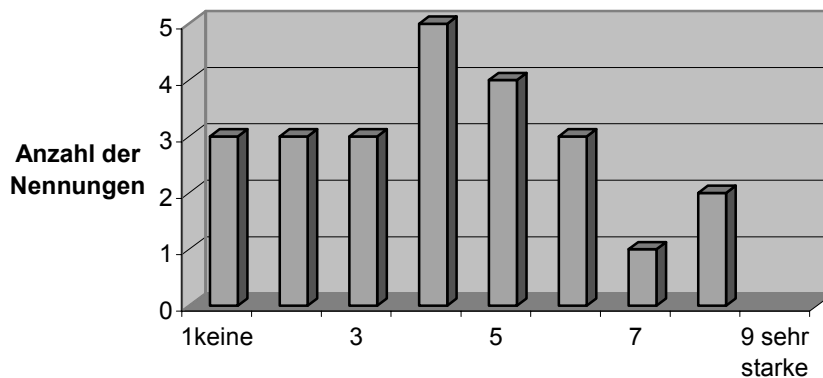
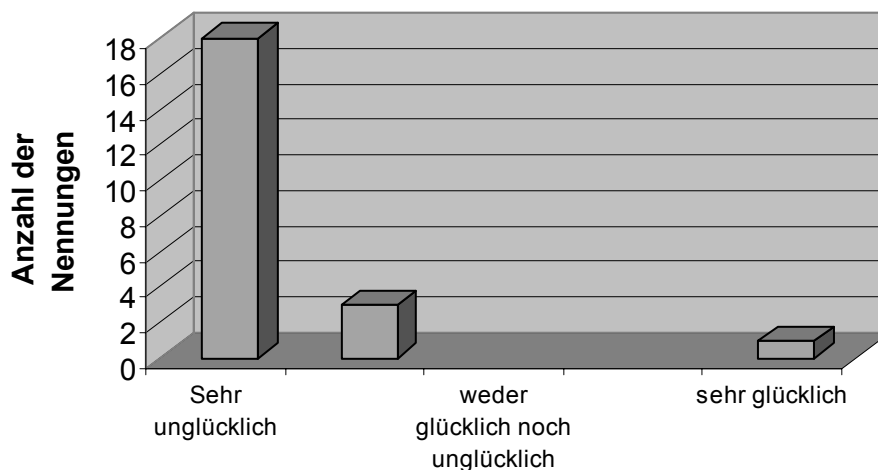


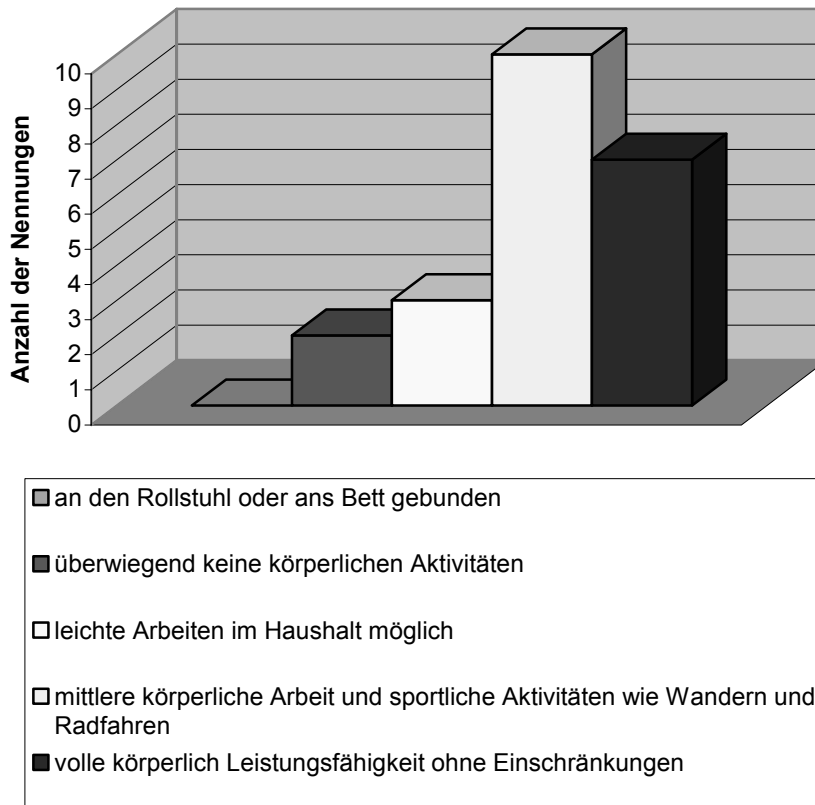
Abbildung 5.23 zeigt die Antworten auf Frage 3, „Wenn sich für den Rest Ihres Lebens der Zustand Ihres Rückens bzw. Wirbelsäule vor der Operation nicht geändert hätte, wie würden Sie darüber denken?“. Es ergab sich ein Mittelwert von 1,3 (SD  $\pm$  0,9, 1 – 3).

**Abbildung 5.23: Frage 3 - Wenn sich für den Rest Ihres Lebens der Zustand Ihres Rückens vor der Operation nicht geändert hätte, wie würden Sie darüber denken?**



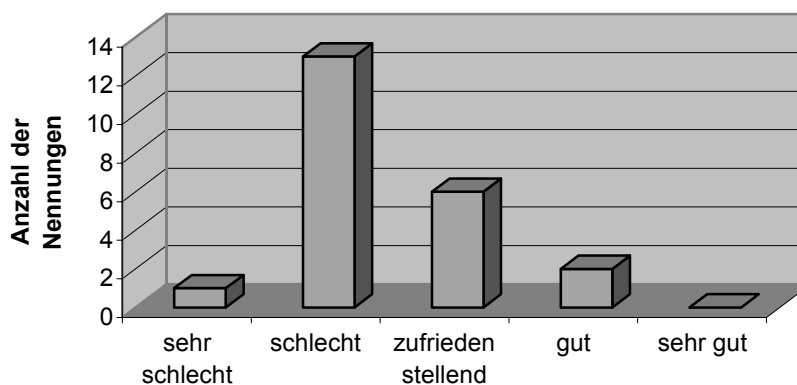
Frage 4, „Wie ist Ihr Niveau an körperlichen Aktivitäten vor der Operation einzuschätzen?“, wurde mit durchschnittlich vier Punkten (SD  $\pm$  0,9, 2 – 5) bewertet. Genaue Antwortmöglichkeiten zeigt Abbildung 5.24.

**Abbildung 5.24: Frage 4 - Niveau körperlicher Aktivität präoperativ**



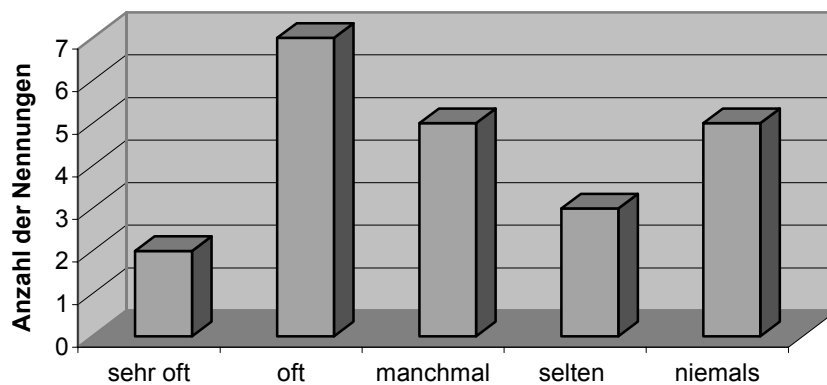
Auf Frage 5, „Wie sahen Sie angezogen vor der Operation aus?“, wurde im Mittel mit 2,4 Punkten geantwortet (SD  $\pm$  0,7, 1 – 4; s. Abbildung 5.25).

**Abbildung 5.25: Frage 5 - Wie sahen Sie angezogen vor der Operation aus?**



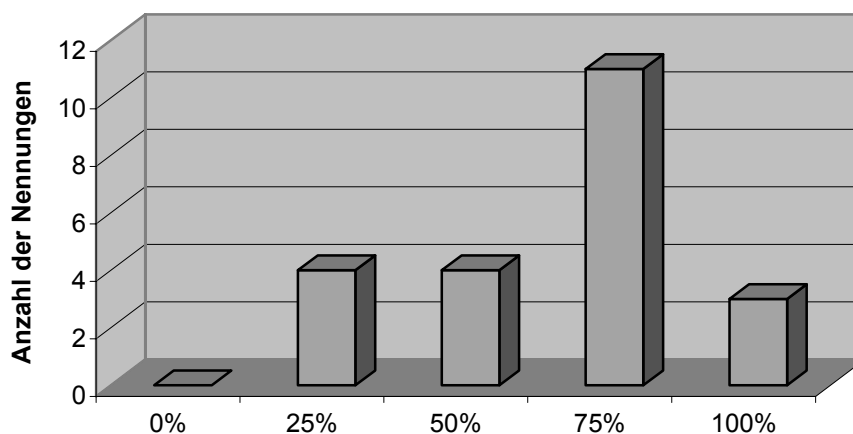
Frage 6, „Litten Sie in Ruhe unter Rückenschmerzen?“, zeigt einen Mittelwert von 3,1 Punkten (SD  $\pm$  1,3, 1 – 5; s. Abbildung 5.26).

**Abbildung 5.26: Frage 6 - Litten Sie in Ruhe unter Rückenschmerzen?**



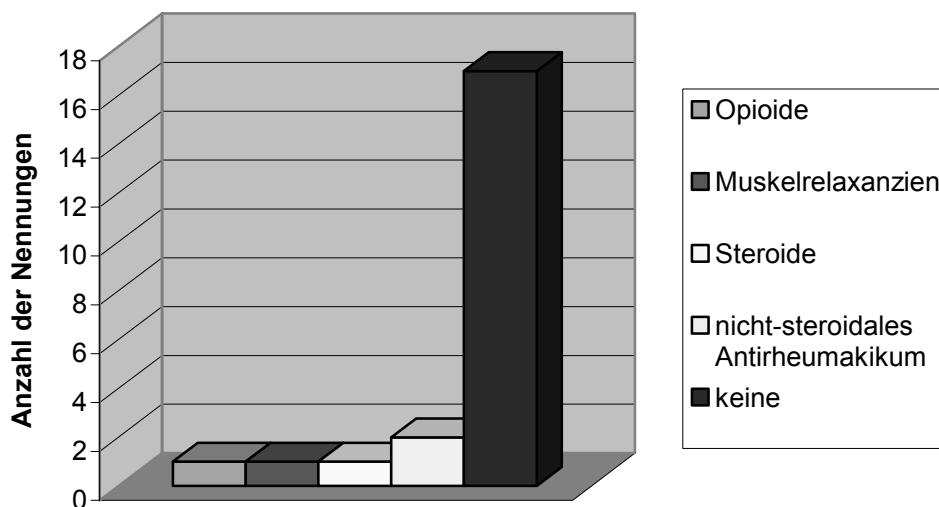
Frage 7, „Wie schätzen Sie Ihr Niveau hinsichtlich schulischer und arbeitstätiger Tätigkeiten vor der Operation ein?“, ergab durchschnittlich 3,6 Punkte (SD  $\pm$  1,0, 2 – 5; s. Abbildung 5.27).

**Abbildung 5.27: Frage 7 - Niveau schulischer und arbeitstätiger Tätigkeiten präoperativ**



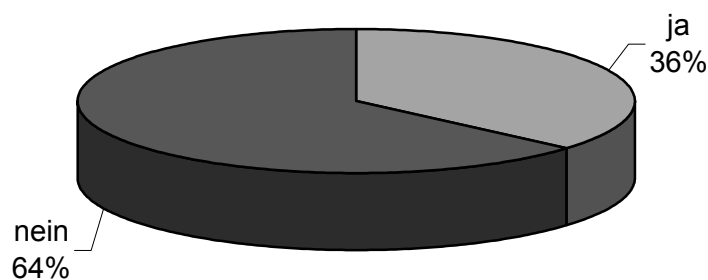
Frage 8, „Welche Arzneimittel, wenn überhaupt, nahmen Sie vor der Operation für Ihren Rücken ein?“, wurde mit durchschnittlich 4,5 Punkten beantwortet (SD  $\pm$  1,1, 1 – 5). Genaue Antwortmöglichkeiten gibt Abbildung 5.28.

**Abb. 5.28: Frage 8 - Arzneimittel präoperativ**



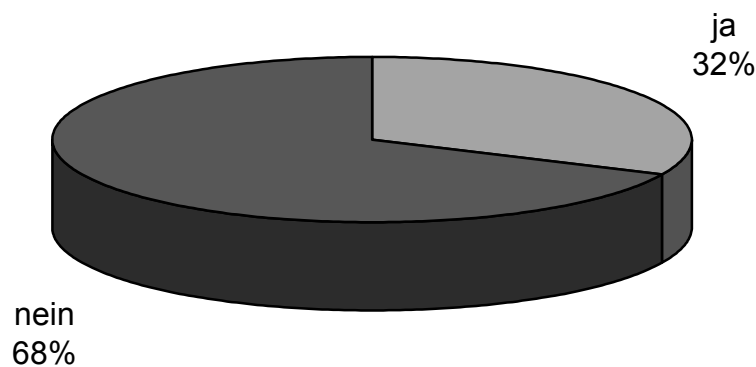
Auf Frage 9, „Schränkte der Rücken Sie bei Ihren täglichen Aktivitäten vor der Operation im Haus ein?“, wurde mit mittleren 3,5 Punkten geantwortet (SD  $\pm$  2,0, 1 – 5; s. Abbildung 5.29).

**Abbildung 5.29: Frage 9 - Schränkte der Rücken Sie bei täglichen Aktivitäten im Haus ein?**



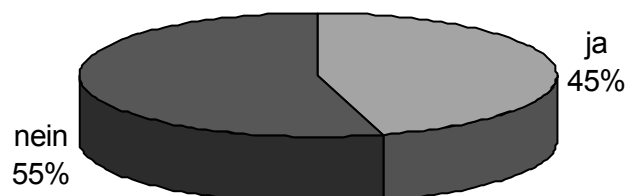
Frage 10, „Hatten Sie aufgrund von Rückenschmerzen vor der Operation Schul- oder Arbeitsausfall?“, ergab einen Mittelwert von 3,7 Punkten (SD  $\pm$  1,9, 1 – 5; s. Abbildung 5.30).

**Abbildung 5.30: Frage 10 - Schul- oder Arbeitsausfall präoperativ**



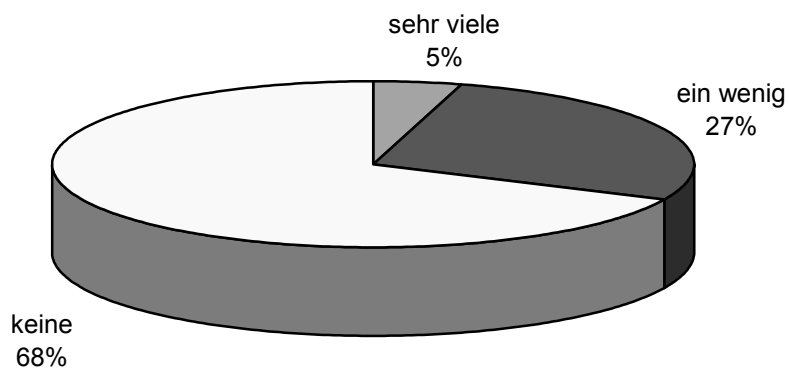
Bei Frage 11, „Hatten Sie das Gefühl, dass Ihr Rückenproblem die persönliche Beziehung zu Freunden und der Familie vor der Operation beeinflusst?“, antworteten die Patienten im Durchschnitt mit 3,2 Punkten (SD  $\pm$  2,0, 1 – 5; s. Abbildung 5.31).

**Abbildung 5.31: Frage 11 - Beeinflusste Ihr Rückenproblem die persönliche Beziehung zu Freunden und der Familie vor der Operation?**



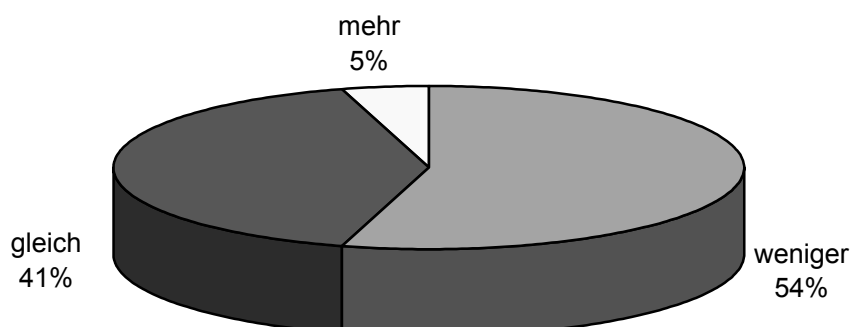
Frage 12, „Hatten Sie oder Ihre Familie aufgrund der Rückenprobleme finanzielle Schwierigkeiten vor der Operation?“, wurde mit mittleren 4,3 Punkten beantwortet (SD  $\pm$  1,1, 1 – 5; s. Abbildung 5.32).

**Abbildung 5.32: Frage 12 - Finanzielle Schwierigkeiten durch Rückenprobleme präoperativ**



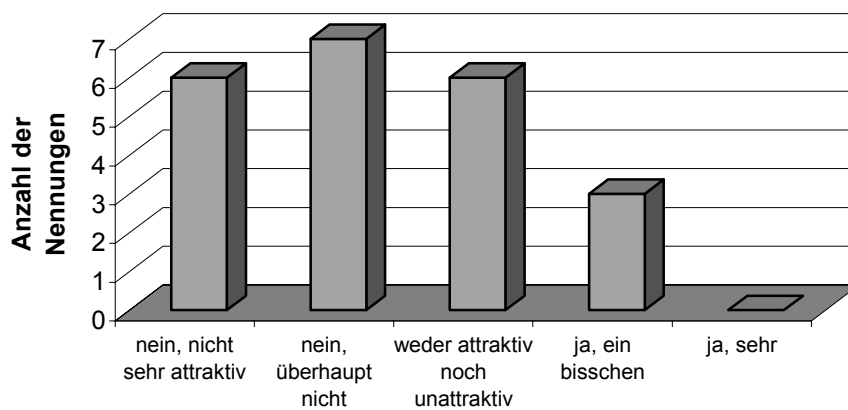
Bei Frage 13, „Gingen Sie mehr oder weniger aus als Ihre Freunde vor der Operation?“, antworteten die Patienten durchschnittlich mit zwei Punkten (SD  $\pm$  1,2, 1 – 5; s. Abbildung 5.33).

**Abbildung 5.33: Frage 13 - Gingen Sie mehr oder weniger aus als Ihre Freunde präoperativ?**



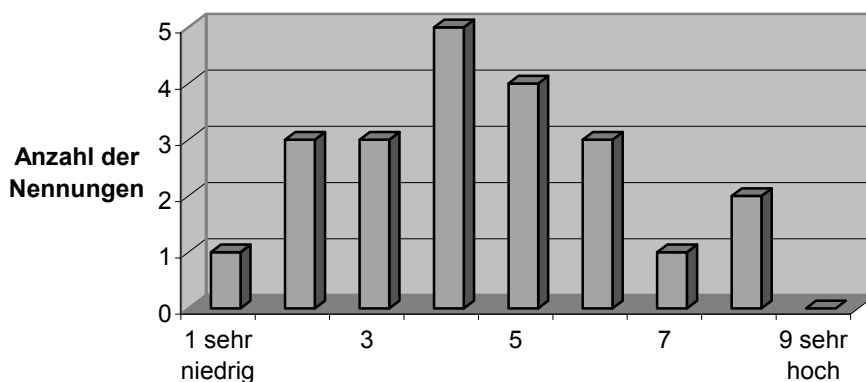
Frage 14, „Fühlten Sie sich attraktiv vor der Operation?“, ergab einen Mittelwert von 2,3 Punkten (SD  $\pm$  1,0, 1 – 5; s. Abbildung 5.34).

**Abbildung 5.34: Frage 14 - Fühlten Sie sich attraktiv vor der Operation?**



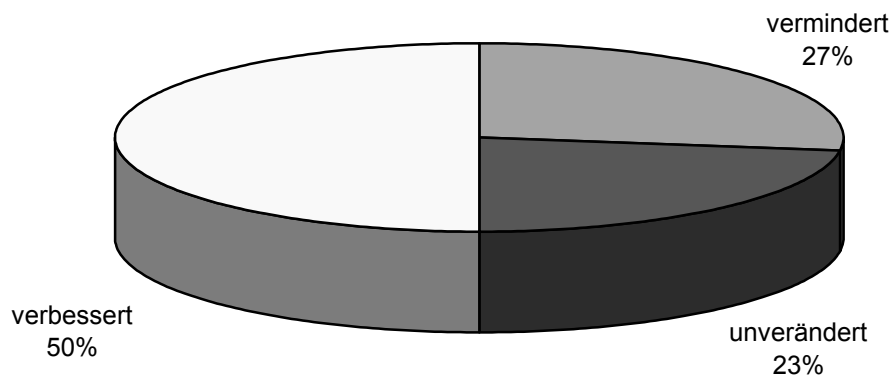
Frage 15, „Auf einer Skala von 1 bis 9, wobei 1 sehr niedrig bedeutet und 9 sehr hoch, wie schätzten Sie Ihre persönliche Erscheinung vor der Operation ein?“, zeigte einen Mittelwert von 2,7 Punkten (SD  $\pm$  1,3, 1 – 5; s. Abbildung 5.35).

**Abbildung 5.35: Frage 15 - Wie schätzen Sie Ihre persönliche Erscheinung vor der Operation ein?**



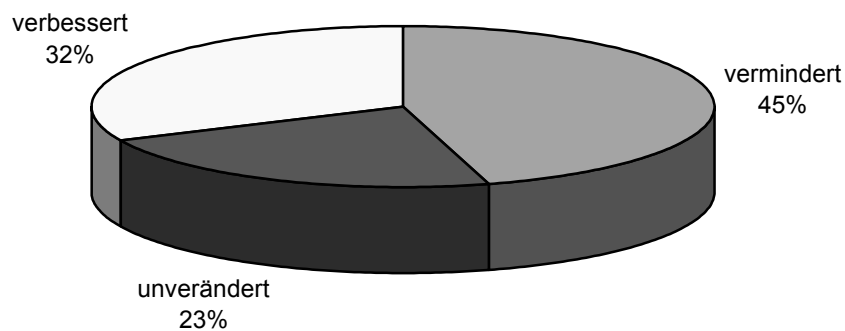
Der präoperative Abschnitt des Fragebogens beginnt mit Frage 16, „Hat die Operation der Wirbelsäule Ihre täglichen Aktivitäten verändert?“. Die durchschnittliche Antwort lag bei 3,5 Punkten (SD  $\pm$  1,7, 1 – 5; s. Abbildung 5.36).

**Abbildung 5.36: Frage 16 - Wie hat die Operation Ihre täglichen Aktivitäten verändert?**



Bei Frage 17, „Hat die Operation an der Wirbelsäule Ihre Fähigkeit sich an Hobbies/ Sport zu erfreuen verändert?“, antworteten die Patienten mit 2,7 Punkten (SD  $\pm$  1,8, 1 – 5; s. Abbildung 5.37).

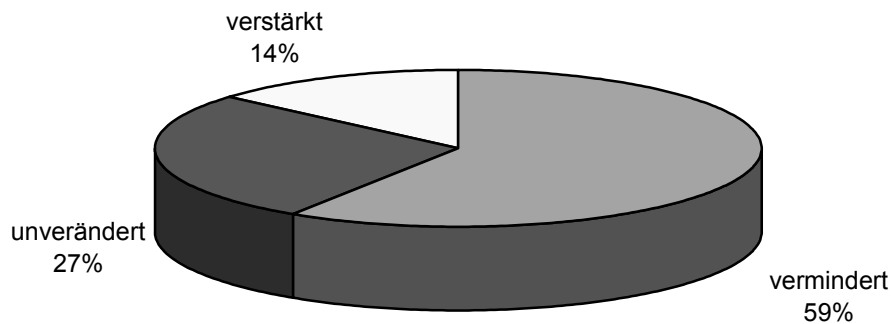
**Abbildung 5.37: Frage 17 - Wie hat die Operation Ihre Fähigkeit sich an Hobbies/ Sport zu erfreuen verändert?**





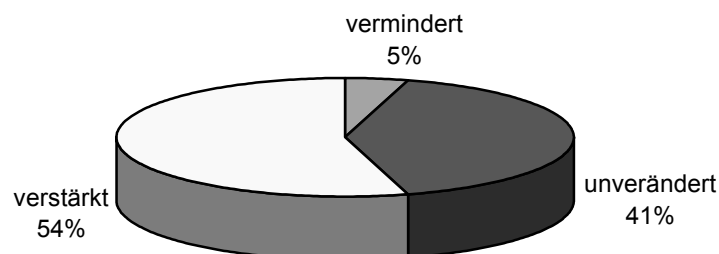
Frage 18, „Hat die Operation der Wirbelsäule Ihre Rückenschmerzen verändert?“, zeigte mittlere 3,9 Punkte (SD  $\pm$  1,5, 1 – 5; s. Abbildung 5.38).

**Abbildung 5.38: Frage 18 - Wie hat die Operation ihre Rückenschmerzen verändert?**



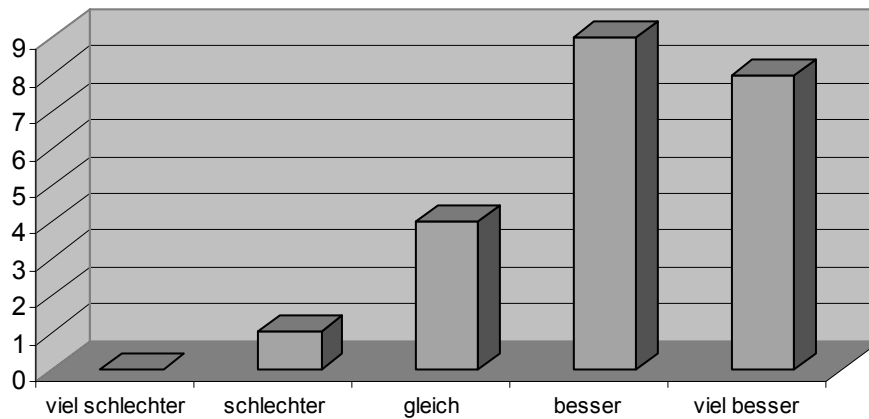
Frage 19, „Hat die Operation Ihr Selbstvertrauen in persönlichen Beziehungen mit Anderen verändert?“, ergab einen Mittelwert von 4,0 Punkten (SD  $\pm$  1,2, 1 – 5; s. Abbildung 5.39).

**Abbildung 5.39: Frage 19 - Wie hat die Operation Ihr Selbstvertrauen in persönlichen Beziehungen mit Anderen verändert?**



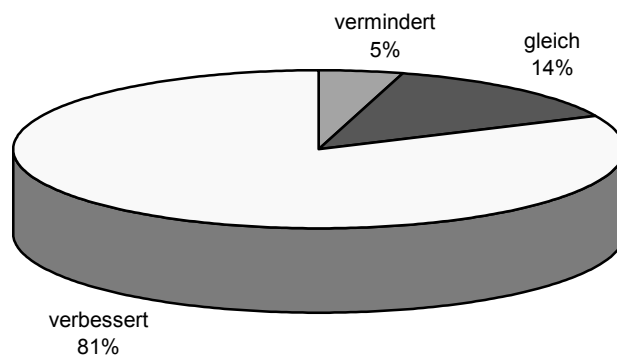
Auf Frage 20, „Hat die Operation die Art und Weise wie andere Menschen Sie sehen verändert?“, antworteten die Patienten im Schnitt mit 4,1 Punkten (SD  $\pm$  0,9, 2 – 5; s. Abbildung 5.40).

**Abbildung 5.40: Frage 20 - Hat die Operation die Art und Weise wie andere Menschen Sie sehen verändert?**



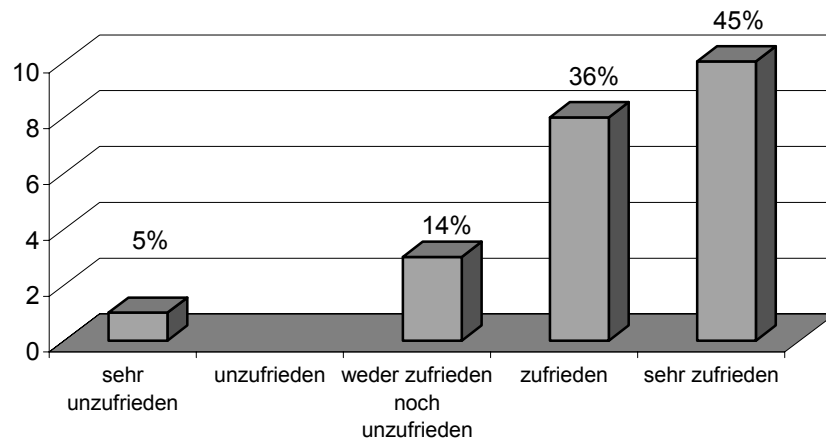
Frage 21, „Hat die Operation Ihre persönliche Erscheinung verändert?“, zeigte einen Mittelwert von 4,5 Punkten (SD  $\pm$  1,0, 1 – 5; s. Abbildung 5.41).

**Abbildung 5.41: Frage 21 - Hat die Operation Ihre persönliche Erscheinung verändert?**



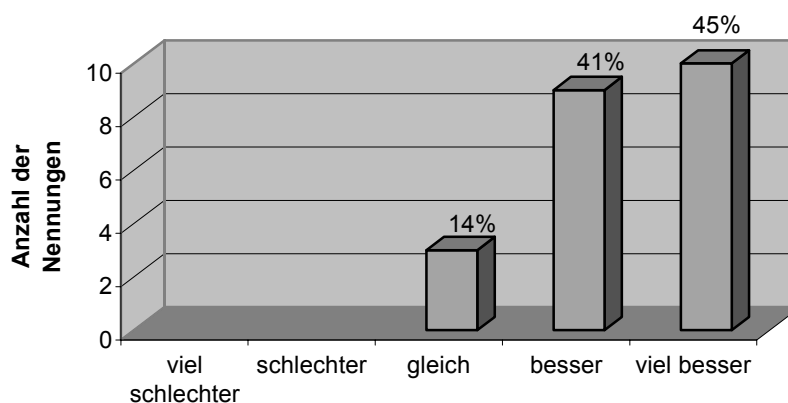
Frage 22, „Sind Sie mit dem Ergebnis der Operation zufrieden?“, ergab eine durchschnittliche Antwort von 4,2 Punkte (SD  $\pm$  1,2, 1 – 5; s. Abbildung 5.42).

**Abbildung 5.42: Frage 22 - Sind Sie mit dem Ergebnis der Operation zufrieden?**



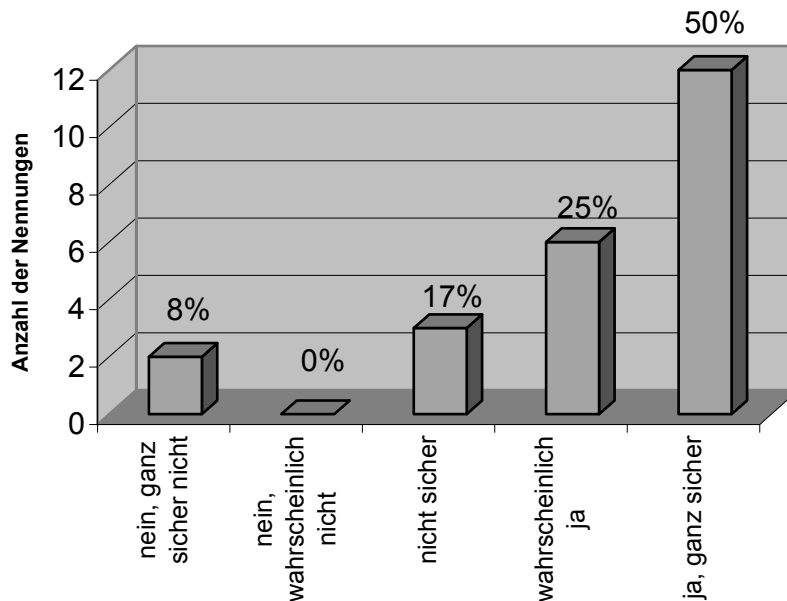
Bei Frage 23, „Im Vergleich zu vor der Operation, wie sehen Sie jetzt aus?“, ergaben sich mittlere 4,3 Punkte (SD  $\pm$  0,7, 3 – 5; s. Abbildung 5.43).

**Abbildung 5.43: Frage 23 - Im Vergleich zu vor der Operation, wie sehen Sie jetzt aus?**



Die abschließende Frage 24, „Würden Sie sich erneut operieren lassen, wenn Sie die gleiche Erkrankung hätten?“, zeigte einen Mittelwert von 4,1 Punkten (SD  $\pm$  1,2, 1 – 5; s. Abbildung 5.44).

**Abbildung 5.44: Frage 24 - Würden Sie sich erneut operieren lassen, wenn Sie die gleiche Erkrankung hätten?**



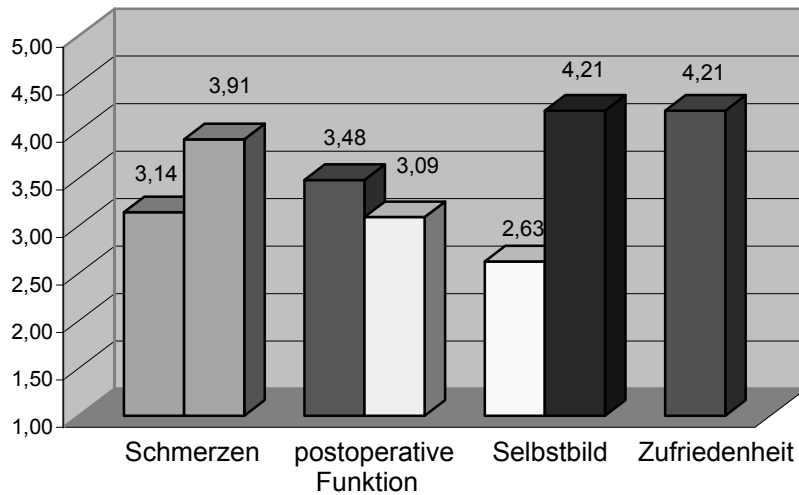
Betrachtet man die den Fragen zugehörigen Kategorien, so ergibt sich für „präoperativer Schmerz“ ein Mittelwert von 3,14 Punkten (53,5 %; SD = 1,70). Demgegenüber steht „postoperativer Schmerz“ mit einem Mittelwert von 3,91 (72,8 %; SD = 1,48). Die Behandlung hat somit zu einer Verbesserung der Kategorie „Schmerz“ um 0,77 Punkte (+19,3 %) geführt.

In der Kategorie „Funktionalität/ Aktivität“ zeigte sich eine Abnahme der präoperativ durchschnittlich angegebenen 3,48 Punkte (62 %; SD = 1,50) auf 3,09 Punkte (52,3 %; SD = 1,78) um 0,39 Punkte (- 9,7 %) postoperativ.

Die Kategorie „präoperatives Selbstbild“ steigerte sich von 2,63 Punkten (40,8 %; SD = 1,38) auf postoperative 4,21 Punkte (80,3 %; SD = 1,06). Dies entspricht einer Verbesserung von 1,58 Punkten (39,5 %).

Ebenfalls 4,21 Punkte (84 %; SD = 1,0) erhielt die Kategorie „postoperative Zufriedenheit“ (s. Abbildung 4.45).

**Abbildung 4.45: Ergebnisse der einzelnen Kategorien des SRS-Score im prä-, postoperativen Vergleich**



|                                     |  |
|-------------------------------------|--|
| ■ Schmerzen (1,2,3,6,8,10)          | ■ postoperativer Schmerz (18)          |
| ■ Funktion/ Aktivität (4,7,9,12,13) | □ postoperative Funktion (16,17)       |
| □ Selbstbildnis (5,11,14,15)        | ■ postoperatives Selbstbild (19,20,21) |
| ■ Zufriedenheit (22,23,24)          |  |

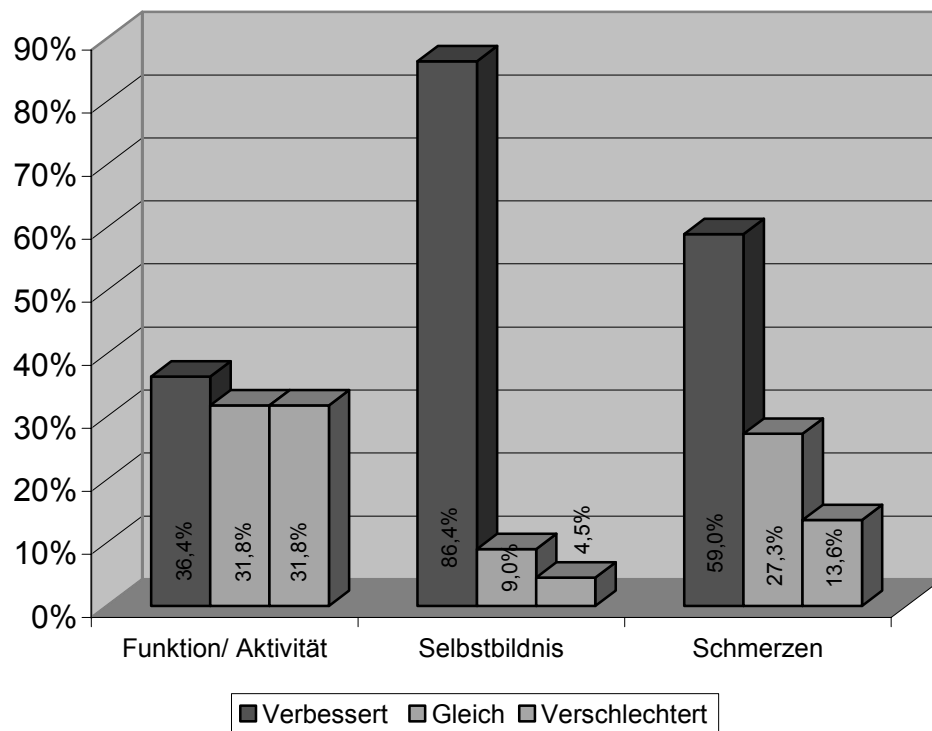
Betrachtet man nur den postoperativen Teil des Fragebogens und wertet die einzelnen Kategorien nur nach den drei Hauptantworten, verbessert, gleich und verschlechtert, aus, so ergibt sich folgendes Bild (s. Tabelle 5.3):

Tabelle 5.3: Postoperative Bewertung von Funktionalität / Aktivität, Selbstbildnis und Schmerzen

|                                    | Verbessert | Verschlechtert | Gleich |
|------------------------------------|------------|----------------|--------|
| Funktionalität / Aktivität (16,17) | 36,4 %     | 31,8 %         | 31,8 % |
| Selbstbild (19,20,21)              | 86,4 %     | 4,5 %          | 9,0 %  |
| Schmerzen (18)                     | 59,0 %     | 13,6 %         | 27,3 % |

Abbildung 5.46 verdeutlicht die Angaben zu den Veränderungen durch die Operation.

**Abbildung 5.46: Patienten-Bewertung von Funktion, Selbstbild und Schmerzen**



## **6. Diskussion**

Die operative Behandlung von Patienten mit einem Morbus Scheuermann stellt generell hohe Anforderungen an die behandelnden Ärzte, vor allem den Operateur (Lim, Green et al. 2004). Die erste Studie, die sich mit der dorsalen Kompressionsspondylodese auseinandersetzte, veröffentlichten Bradford und Moe bereits 1975 (Bradford and Moe 1975). Nichtsdestotrotz ergeben sich noch immer interessante Erkenntnisse und Fragestellungen, so dass die operative Therapie des Morbus Scheuermann weiterhin international diskutiert wird.

### **6.1 Patientenkollektiv und Operation im Vergleich zur Literatur**

Betrachtet man unser Patientenkollektiv, so fällt die relativ geringe Fallzahl von 25 Patienten auf. Dies ist auf das seltene Auftreten hochgradiger, symptomatischer Adoleszentenkyphosen zurückzuführen. Die durchschnittliche Patientenzahl aller Veröffentlichungen hinsichtlich auf operativ therapierte Adoleszentenkyphosen liegt mit 22,9 Patienten noch niedriger als in unserer Studie (Bradford and Moe 1975; Taylor, Wenger et al. 1979; Bradford, Ahmed et al. 1980; Heine, Stauch et al. 1984; Speck and Chopin 1986; Reinhardt and Bassett 1990; Sturm, Dobson et al. 1993; Lowe and Kasten 1994; Ferreira-Alves, Resina et al. 1995; Gennari, Aswad et al. 1997; de Jonge, Illes et al. 2001; Papagelopoulos, Klassen et al. 2001; Hosman, Langeloo et al. 2002).

In der aktuellen Arbeit zeigt sich mit 88 % eine deutliche Bevorzugung des männlichen Geschlechts. Bradford und Moe hingegen berichteten in ihrer Arbeit von 1975 bezüglich operativ behandelter Patienten mit Scheuermannscher Hyperkyphose über eine Bevorzugung des weiblichen Geschlechts (Bradford and Moe 1975). Des Weiteren ergab eine große europäische Querschnittsstudie über Veränderungen der Wirbelsäule bei über 15.000 50 – 85 jährigen Patienten ein ausgewogenes Geschlechterverhältnis (Felsenberg, Wieland et al. 1998). Dies widerspricht der Beobachtung des

Erstbeschreibers und Namensgebers, H. W. Scheuermann, von 1921, dass hauptsächlich Männer betroffen seien (Scheuermann 1977). Allerdings erfasst die genannte Studie nicht den Schweregrad der Adoleszentenkyphose. Es wird nicht differenziert, ob Männer eine höhergradige und somit eher symptomatische Kyphose als Frauen aufweisen.

Bezüglich des Alters bei Operation entsprach der Mittelwert von 20,8 Jahren nahezu dem Durchschnitt von 19,9 Jahren aller Veröffentlichungen zu diesem Thema (Bradford and Moe 1975; Taylor, Wenger et al. 1979; Bradford, Ahmed et al. 1980; Heine, Stauch et al. 1984; Speck and Chopin 1986; Reinhardt and Bassett 1990; Sturm, Dobson et al. 1993; Lowe and Kasten 1994; Ferreira-Alves, Resina et al. 1995; Gennari, Aswad et al. 1997; de Jonge, Illes et al. 2001; Papagelopoulos, Klassen et al. 2001; Hosman, Langeloo et al. 2002).

Die Mehrzahl der operierten Patienten wird in jungen Jahren nach Einstellen der Veränderungen im Stadium zwei und drei nach Brocher operiert (Brocher and Willert 1970; Hartwig and Reize 1993). Vereinzelt werden Patienten behandelt, deren Hyperkyphose schon über Jahre besteht (Papagelopoulos, Klassen et al. 2001; Hosman, Langeloo et al. 2002). Diesbezüglich berichtete Tribus, dass mit zunehmendem Alter die Häufigkeit von Komplikationen zunimmt, generell aber dieselben Komplikationen auftreten (Tribus 1998). Die bei den drei ältesten von uns operierten Patienten (STJ, MW, SM) aufgetretenen Komplikationen (iatrogene venöse Blutung aus dem Foramen ischiadicum und einseitige Auswanderung der obersten instrumentierten Schraube) erscheinen jedoch nicht altersbedingt.

Motivation für die Operation sind vor allem Schmerz und Unzufriedenheit mit der körperlichen Erscheinung: Dreizehn Patienten klagten vor der Operation über mittlere bis starke Schmerzen. Sechzehn Patienten gaben ein mittleres bis sehr schlechtes Aussehen an. Dies sind generell die Hauptgründe für die Operation. Dabei variiert die Ausprägung dieser Gründe stark (Papagelopoulos, Klassen et al. 2001).



Die Operationszeit für den kombinierten Eingriff lag mit acht Stunden zwischen denen der zwei neuesten Publikationen zu diesem Thema mit fünf und 10 Stunden (Papagelopoulos, Klassen et al. 2001; Hosman, Langeloo et al. 2002). Allerdings zeigte sich hierbei eine sehr große Spannbreite, welche maßgeblich auf die unterschiedlichen Operationstechniken und Implantatsysteme zurückzuführen ist: z. B. Anzahl der instrumentierten Wirbelkörper, Verwendung von Pedikelschrauben oder Haken-Systemen. Die Vergleichbarkeit ist hierbei zudem aufgrund der Individualität der Patienten nur eingeschränkt gegeben.

Der Blutverlust bei ventrodorsalen Eingriffen von durchschnittlich über 2 l ist ebenso bei anderen Autoren zu finden (Hosman, Langeloo et al. 2002). Durch das Wiederaufbereiten und die Retransfusion von eigenem Blut kann dieser Blutverlust relativiert und die potenziell mit Fremdbluttransfusion assoziierten Komplikationen vermieden werden (Xiao, Shong et al. 2004).

Die Eingriffe waren zu 72 % kombinierte Operationen, bei denen ein ventrales Release zur Verbesserung der Flexibilität der häufig rigiden Kyphosen durchgeführt wurde und somit eine effektivere Korrektur als bei einer isolierten dorsalen Kompressionsspondylodese möglich wurde. Ab Mitte 1998 wurde aus den genannten Gründen nur noch ventrodorsal operiert, was auch von zahlreichen Autoren befürwortet wurde (Bradford, Moe et al. 1975; Bradford 1977; Bradford, Ahmed et al. 1980; Herndon, Emans et al. 1981; Heine, Stauch et al. 1984; Nerubay and Katznelson 1986; Speck and Chopin 1986; Lowe 1990; Gennari, Aswad et al. 1997; Papagelopoulos, Klassen et al. 2001). Betrachtet man allerdings die durchschnittliche Korrektur im Instrumentationsbereich, so zeigte sich bei den ausschließlich von dorsal instrumentierten Patienten eine mittlere Korrektur um 25° bei einer maximalen Kyphose von durchschnittlich 76° gegenüber 24,9° Korrektur bei einer Kyphose von 86,8° in den Fällen, die ventrodorsal operiert wurden. Die rein von dorsal operierten Patienten wiesen hierbei eine um durchschnittlich 7° flexiblere Kyphose auf. Allerdings lag die relative Korrektur für die von dorsal operierten Patienten mit 32,9 % und insbesondere für die ventrodorsal operierten Patienten mit 28,7 % deutlich unter den in der Literatur angegebenen

Korrekturmöglichkeiten von über 50 % (Lowe and Kasten 1994; Arlet and Schlenzka 2005). Somit konnte die Überlegenheit des ventrodorsalen Vorgehens in Bezug auf das Hauptargument einer deutlich besseren Korrektur in dieser Arbeit nicht eindeutig bewiesen werden.

Ob eine alleinige dorsale Kompressionsspondylodese ohne ventrales Release auch bei höhergradigen, rigiden Hyperkyphosen ausreichend ist, kann anhand des vorliegenden Patientenkollektivs nicht beantwortet werden.

Zu berücksichtigen ist überdies, dass das vorbereitende ventrale Release einen zusätzlichen hochinvasiven Eingriff darstellt, der die Operationsdauer nahezu verdoppelt und mit einer, wenn auch temporären, Einschränkung der pulmonalen Leistungsfähigkeit einhergeht. Da eine Erhöhung der Operationsdauer auch stets einen erhöhten Blutverlust einschließt und ein höheres Infektionsrisiko birgt, ist das ventrodorsale Vorgehen zu überdenken.

Bei den oben genannten, vergleichbaren Korrekturmöglichkeiten ist somit ein rein dorsales Vorgehen in Kombination mit v-förmigen Osteotomien im Scheitelbereich zu präferieren. Johnston et al. kommt in seiner Studie von 2005 zu einem ähnlichen Ergebnis und stellte zur Diskussion, ob ein ventrales Release, insbesondere bei den mittlerweile zur Verfügung stehenden Implantatsystemen mit transpedikulären Fixationsmechanismen, noch zeitgerecht sei (Johnston, Elerson et al. 2005).

Für beide Operationsverfahren (dorsal vs. ventrodorsal) ist der Korrekturverlust im Instrumentationsbereich nahezu identisch. Dieser lag im Mittel bei 3° für die rein dorsale Instrumentation gegenüber 4,2° für den kombinierten Eingriff. Ein Nachlassen der Korrektur durch Traktionskräfte des vorderen, intakten Längsbandes bei dem rein dorsalen Eingriff konnte nicht beobachtet werden.

Kritisch anzumerken sind die Komplikationen der rein dorsalen Instrumentation. So trat hierbei die einzige inkomplette, jedoch glücklicherweise

reversible Querschnittssymptomatik auf. Auch die Auswanderung einer proximalen Pedikelschraube bei Patient SM könnte durch erhöhte Zugkräfte bei fehlendem ventralen Release mitverursacht worden sein. Ein generelles Abwenden vom ventralen Release, bei Verdacht auf ein erhöhtes Querschnittsrisiko, kann anhand der Ergebnisse dieser Arbeit jedoch nicht befürwortet werden.

Das MPDS-Instrumentarium erwies sich als weitgehend verlässliches primärstabiles Fixationssystem. Insgesamt trat hierbei trotz postoperativer Korsettbehandlung in zwei Fällen eine Auswanderung einer kranialen Pedikelschraube auf (DS, SM).

Eine postoperative, den Patient einschränkende Korsetttherapie ist in einigen Fällen erforderlich, kann jedoch nicht immer eine Schraubenauswanderung verhindern, insbesondere im Falle hochthorakal platzierter Pedikelschrauben, da sich diese dem protektiven Einfluss der Orthese entziehen.

Im Fall von DS ergab sich ein interessanter Aspekt der postoperativen Orthesenversorgung. Die Patientin wies eine maximale Kyphose von 92° im Bereich von T2 – T12 auf, wurde allerdings nur von T5 – T12 und nicht gemäß gängiger Therapieempfehlungen über den gesamten Bereich der Kyphose instrumentiert (Bradford 1977; Lowe and Kasten 1994). Auch die erste lordotische Bandscheibe T12/ L1 wurde nicht in die Fusion einbezogen. Die Patientin wurde daraufhin für sechs Monate mit einer BOB-Orthese (Boston-Overlay-Brace) versorgt. Trotz dieser kurzen Instrumentation trat unter Korsetttherapie keine relevante Änderung des sagittalen Wirbelsäulenprofils auf. Unmittelbar nach Weglassen der Orthese stellte sich jedoch eine junktionale Kyphose kranial der Fusion von 14° ein. Es lässt sich hieraus die Frage ableiten, ob die beschriebene Kyphosierung schon durch die Operation vorprogrammiert war und nur durch das Korsett aufgehalten wurde, oder ob nach Weglassen des Korsetts eine erhöhte körperliche Belastung zur Kyphosierung führte.

Der postoperative Aufenthalt in der hiesigen Klinik gestaltete sich bei drei Patienten überdurchschnittlich lang (TMV, KS, HD). Bei TMV erfolgten Beckenkammspanentnahme und dorsale Spondylodese 14 Tage nach dorsaler Kompressionsspondylodese. Aufgrund der langen Operationsdauer (750 min) und des hohen Blutverlustes (3500ml) wurde der Eingriff zweizeitig durchgeführt. Dadurch lag auch die Dauer des stationären Aufenthalts 2 Wochen über dem Mittelwert des Patientenkollektivs von 17 Tagen. Bei Patient HD war der 26 Tage dauernde Aufenthalt auf eine revisionsbedürftige Wundheilungsstörung ohne Entfernung des Implantats zurückzuführen. Im Fall von KS war der mit 36 Tagen längste Aufenthalt im Wesentlichen durch die operationsbedingte Anämie und damit verbundene Hypotonie bedingt.

Bei ventrodorsaler Vorgehensweise wurden ventrales Release und dorsale Kompressionsspondylodese in allen Fällen stets einzeitig durchgeführt, um die Patienten schneller mobilisieren und auf eine zweite Narkose verzichten zu können. Während Bradford und Lowe ein zweizeitiges Vorgehen mit einem Abstand von zwei Wochen zwischen ventralem Release und dorsaler Fusion als Methode der Wahl propagierten (Bradford 1977; Lowe 1990), erzielten andere Autoren bei einzeitigem Vorgehen die besseren Ergebnisse (Heine, Stauch et al. 1984; Lowe and Kasten 1994).

Die Analyse unseres Patientenkollektivs ergab, dass sich ein einzeitiges Vorgehen bei suffizienter anästhesiologischer bzw. intensivmedizinischer Betreuung komplikationslos durchführen lässt.

Auch aus ökonomischer Sicht hat die Bedeutung eines kurzen postoperativen Krankenhausaufenthalts immens an Bedeutung zugenommen. Da sich vom wissenschaftlichen Standpunkt ein einzeitiges Vorgehen als genauso gut erwiesen hat, ist eine generell zweizeitig durchgeführte Operation vor Krankenhaus und Krankenkassen heutzutage kaum vertretbar (Lowe and Kasten 1994).

Bezüglich möglicher operationsbedingter Komplikationen zeigt diese Arbeit, dass der Behandlungsverlauf sich nur in 64 % der Fälle völlig problemlos

gestaltete, und verdeutlicht damit, dass diese Operation durchaus Risiken birgt, die dem Patienten stets bewusst gemacht werden sollten.

Als Komplikationen des ventralen und dorsalen Eingriffs sind u. a. Gefäßverletzungen, Hämatothorax, Pneumothorax, Lungenembolie, Ileus, vor allem aber neurologische Komplikationen bis hin zur Querschnittslähmung und sogar Todesfälle beschrieben worden (Bradford, Moe et al. 1975; Taylor, Wenger et al. 1979; Bradford, Ahmed et al. 1980; Herndon, Emans et al. 1981; Nerubay and Katznelson 1986; Speck and Chopin 1986; Lowe 1987; Otsuka, Hall et al. 1990; Sturm, Dobson et al. 1993; Lowe and Kasten 1994; Deckey, Court et al. 2000; Arlet and Schlenzka 2005).

Lim et al. unterteilten diese hierbei in geringere, größere und lebensbedrohliche Komplikationen. In ihrer Übersichtsarbeit berichteten sie, dass geringgradige Komplikationen mit einer Häufigkeit von bis zu 50 % aufgetreten sind, während größere Komplikationen zwar seltener vorkamen, jedoch eine Rate von bis zu 38 % aufwiesen. Lebensbedrohliche Komplikationen seien in bis zu 17 % aller Fälle aufgetreten (Lim, Green et al. 2004).

Diese Zahlen erscheinen verglichen mit den in dieser Arbeit ermittelten Daten in Hinblick auf operationsbedingte Komplikationen immens hoch.

Eine lebensbedrohliche Komplikation war in unserem Patientenkollektiv nicht zu verzeichnen. Als einzige große Komplikation ist der inkomplette Querschnitt bei Patient KA zu werten. Eine Schraubenfehlage konnte hierbei mittels Pedikel-CT ausgeschlossen werden. Die sofortige Revision mit Nachlassen der Korrektur führte zu einer vollständigen Erholung der neurologischen Funktion. Das Korrekturergebnis auf Höhe der Instrumentation betrug letztlich 9°. Fraglich bleibt die Ursache des Querschnitts nach dem rein dorsalen Eingriff mit v-förmigen Osteotomien und Flavektomien im Scheitelbereich. Wahrscheinlich lag ein Distraktionsquerschnitt vor. Unter dieser Annahme wäre diese Komplikation vermutlich auch bei einem ventrodorsalen Vorgehen aufgetreten.

Von allen Komplikationen sind sicherlich die Wirbelbogenfraktur (TMV), die venöse Blutung im Bereich des Foramen ischiadicum (SM) und das Auswandern der Pedikelschrauben in LWK 1 und BWK 7 (TMV) dem Operateur zuzuschreiben. Die Wirbelbogenfraktur befand sich im Spondylodesebereich und heilte demzufolge komplikationslos aus. Die venöse Blutung mit einem Gesamtblutverlust von 1600 ml konnte problemlos gestillt werden. Das Auswandern der Schrauben, das sich laut Operationsbericht beim Einhebeln der BWM-Platten bereits intraoperativ andeutete, hätte wahrscheinlich durch eine andere Form der Instrumentation vermieden werden können. Das in diesem Fall verwendete Instrumentarium erwies sich als biomechanisch ungünstige Stabilisierungsform, wobei im Verlauf ein Korrekturverlust von 11° auftrat.

Die fistelnde Bulla, welche zu einem Pneumothorax führte, ist als anatomische Besonderheit und demzufolge nicht als operationsbedingt zu werten.

Der linkseitige Pleuraerguss (SL) entstand nach ventralem Release von der rechten Seite und dort eingebrachter Thoraxdrainage. Der Erguss wurde durch Anlage einer weiteren Thoraxdrainage therapiert.

Die beiden oberflächlichen Wundheilungsstörungen konnten durch Revision ohne Entfernung des Implantats (HDA) und konservative Behandlung (HD) beherrscht werden.

Die in zwei Fällen aufgetretene Schraubenauswanderung (SM, DS) ereignete sich erst spätpostoperativ (> 6 Monate). Bei SM kam es infolge Schraubenlockerung zu keinem signifikanten Korrekturverlust innerhalb der Instrumentationsstrecke. Im Falle von DS entstand bei Lockerung der kranialen Schraubenpaare vor Abschluss der knöchernen Fusion ein Korrekturverlust von 11°, gemessen über die Fusionsstrecke.

Die einmalige Hämatoemesis am ersten postoperativen Tag bleibt letztlich ungeklärt.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die aufgeführten implantatbedingten Komplikationen durch Verwendung eines rigiden Pedikelschrauben-Stab-Systems, bspw. des MPDS mit einer Stabstärke von 6 mm, reduziert werden können. Dünnere Stäbe, wie der im Fall von DS verwendete Gewindestab mit einer Dicke von 4 mm oder das biomechanisch insuffiziente BWM-System, können sich verbiegen und potenziell mit einem höheren Korrekturverlust einhergehen.

## 6.2 Diskussion der radiometrischen Analyse

Die von uns durchgeführte radiometrische Analyse umfasste die gesamte Wirbelsäule einschließlich HWS, so dass sämtliche Änderungen der Wirbelsäulengeometrie erfasst werden konnten. Dabei muss darauf hingewiesen werden, dass die in vergleichbaren Studien beschriebenen Krümmungsverhältnisse vielfach nur unvollständig und unpräzise angegeben wurden. In zahlreichen Studien wurde lediglich zwischen „Kyphose“ und „Lendenlordose“ oder einem nicht näher definierten „kyphotischen Bereich“ unterschieden (Bradford, Moe et al. 1975; Bradford, Ahmed et al. 1980). Dabei bleibt unklar, ob es sich um die maximale Kyphose, die thorakale Kyphose nach Stagnara oder die Kyphose des späteren Instrumentationsbereichs handelte. Inzwischen wurden in neueren Studien zwar exaktere Vermessungsergebnisse präsentiert, allerdings wurden in keiner der zitierten Arbeiten sämtliche Wirbelsäulenabschnitte im Verlauf beurteilt (Heine, Stauch et al. 1984; Speck and Chopin 1986; Reinhardt and Bassett 1990; Sturm, Dobson et al. 1993; Lowe and Kasten 1994; Ferreira-Alves, Resina et al. 1995; Gennari, Aswad et al. 1997; de Jonge, Illes et al. 2001; Papagelopoulos, Klassen et al. 2001; Hosman, Langeloo et al. 2002). In dieser Arbeit wurde erstmalig eine detaillierte radiometrische Analyse der gesamten Wirbelsäule im Verlauf durchgeführt, um eine differenziertere Betrachtung zu ermöglichen.

Da durch postoperative Veränderungen innerhalb und außerhalb der Instrumentationsstrecke das Operationsergebnis verschlechtert werden kann, sind in der Literatur mehrfach Empfehlungen zur Instrumentationlänge zu

finden: Erstens sollte die Maximalkyphose instrumentiert werden (Speck and Chopin 1986; Papagelopoulos, Klassen et al. 2001; Arlet and Schlenzka 2005). Zweitens sollte die erste lordotische Bandscheibe in jedem Fall in die Fusion miteinbezogen werden, da ansonsten das Risiko einer unteren Anschlusskyphose bestehe (Lowe and Kasten 1994; Arlet and Schlenzka 2005). Drittens sollte die maximale Kyphose nicht um mehr als 50 % korrigiert werden, da es sonst eher zu einer junktionalen Kyphose kranial des Instrumentariums kommen könne (Lowe and Kasten 1994; Arlet and Schlenzka 2005). Anzustreben sei eine postoperative Kyphose, die im oberen Normbereich liege (Lowe and Kasten 1994; Hosman, Langeloo et al. 2002).

In dem untersuchten Kollektiv lag die präoperative maximale Kyphose im oberen Bereich vergleichbarer Studien (Bradford and Moe 1975; Bradford, Ahmed et al. 1980; Heine, Stauch et al. 1984; Speck and Chopin 1986; Reinhardt and Bassett 1990; Sturm, Dobson et al. 1993; Lowe and Kasten 1994; Ferreira-Alves, Resina et al. 1995; Gennari, Aswad et al. 1997; de Jonge, Illes et al. 2001; Papagelopoulos, Klassen et al. 2001; Hosman, Langeloo et al. 2002). Die Korrektur um durchschnittlich  $26,5^\circ$  (31 %) ist respektabel, liegt aber unter den mittleren Korrekturergebnissen der oben genannten Literatur von  $34,7^\circ$ . Die maximale postoperative Kyphose betrug im Mittel  $57,9^\circ$  und liegt damit oberhalb der von den oben zitierten Autoren erzielten Residualkyphose von durchschnittlich  $40^\circ$ . Wie bereits erwähnt wurde der Kyphosebereich allerdings nicht immer exakt definiert, wodurch ein sinnvoller Vergleich deutlich erschwert wird. Dies gilt ebenso für den durchschnittlichen Korrekturverlust, der in unserem Kollektiv, gemessen über die maximale Kyphose,  $3^\circ$  und für den Fusionsbereich  $3,7^\circ$  betrug. Die in der Literatur hierfür angegebenen Werte rangieren zwischen  $1,4^\circ$  und  $16^\circ$  (Heine, Stauch et al. 1984; Speck and Chopin 1986; Reinhardt and Bassett 1990; Sturm, Dobson et al. 1993; Lowe and Kasten 1994; Ferreira-Alves, Resina et al. 1995; Gennari, Aswad et al. 1997; de Jonge, Illes et al. 2001; Papagelopoulos, Klassen et al. 2001; Hosman, Langeloo et al. 2002). Somit ließ sich durch die überwiegend eingesetzten transpedikulären Fixationstechniken in Form des MPDS das postoperative Korrekturergebnis langfristig aufrechterhalten, bis zum Eintreten einer vollständigen knöchernen Spondylodese.



Analog zu Hosman et al. (Hosman, Langeloo et al. 2002) konnte gezeigt werden, dass bei moderater bzw. nicht maximaler Korrektur mit einer Residualkyphose in der Nähe des oberen physiologischen Bereichs (Bernhardt and Bridwell 1989) nur ein geringer Korrekturverlust entsteht.

Die mittlere Kyphose im Fusionsbereich betrug  $47,5^\circ$ . Die Differenz von zwischen dieser und der maximalen Kyphose von  $10^\circ$  lässt sich darauf zurückführen, dass die maximale Kyphose nicht immer komplett instrumentiert wurde.

Das für den Patienten letztendlich wichtige gesamte Wirbelsäulenprofil kann anhand der maximalen Kyphose, wie sie präoperativ bestand, und der Kyphose im Fusionsbereich nicht immer adäquat ausgedrückt werden. Zusätzlich sollte die Veränderung der Wirbelsäule ober- und unterhalb der Instrumentation berücksichtigt werden. Von mehreren Autoren werden deshalb auch die sich kranial und kaudal des Instrumentariums anschließenden Bereiche in Hinblick auf die Entwicklung einer Anschlusskyphose beschrieben, aber nicht standardmäßig vermessen (Reinhardt and Bassett 1990; Lowe and Kasten 1994; Papagelopoulos, Klassen et al. 2001). Es ergibt sich aus der Literatur hierbei kein allgemeinverbindlich definierter Messbereich. Eine einheitliche Untersuchungsmethode ist nicht vorhanden. Lowe und Kasten bspw. haben die kraniale junktionale Kyphose von der Deckplatte des obersten instrumentierten Wirbels bis zur Deckplatte des am meisten kyphotisch eingestellten Wirbelkörpers vermessen (Lowe and Kasten 1994). Analog dazu wurde die junktionale Kyphose distal des Instrumentariums von der Grundplatte des untersten instrumentierten Wirbelkörpers bis zur Grundplatte des am meisten verkippt stehenden distalen Wirbelkörpers gemessen. Entgegen der vorliegenden Arbeit haben Lowe und Kasten jedoch nur die sich im Verlauf einstellende junktionale Kyphose beschrieben und nicht die unmittelbar operationsbedingte Veränderung untersucht.

Ziel dieser Arbeit war es unter anderem zwischen operationsbedingter und der im weiteren Verlauf auftretenden Kyphosierung zu differenzieren und diese vor allem zu quantifizieren. Die Messstrecke von jeweils zwei Wirbeln

innerhalb und zwei Wirbeln außerhalb der Instrumentationsstrecke erwies sich hierbei als sinnvoll, da es neben dem "Abknicken" oberhalb und unterhalb der Instrumentation auch ein Abknicken des obersten Fusionswirbels selbst beobachtet wurde. Die dadurch deutlich vergrößerte Anschlusskyphose wäre nach der Methode von Lowe und Kasten nicht erfasst worden.

Weiterhin wurden die von Lowe und Kasten postulierten Annahmen zur Vermeidung einer junktionalen Kyphose ober- und unterhalb der Fusion überprüft (Lowe and Kasten 1994). Demzufolge weisen Patienten mit einer Adoleszentenkyphose generell eine negative Balance auf, die sich postoperativ verstärkt und sie anfälliger für junktionale Kyphosen macht. Das sagittale Lot unsers Kollektivs lag prä- und postoperativ sowie zum letzten Nachuntersuchungszeitpunkt im Normbereich zwischen -3 cm bis 3,2 cm (Gelb, Lenke et al. 1995; Vedantam, Lenke et al. 1998). Eine generelle negative Balance lies sich bei den von uns untersuchten Patienten nicht objektivieren. Bei den zwei Patienten, bei denen postoperativ ein hochgradig negatives Lot vorlag (HM = -4,4 cm; HD = -5,3 cm), trat im Verlauf keine junktionale Kyphose auf. Insgesamt war die Ausreißergruppe zu klein, um den von Lowe und Kasten postulierten Risikofaktor der negativen Balance zu bestätigen.

Das Prinzip, nicht mehr als 50 % der Kyphose zu korrigieren (Lowe and Kasten 1994), wird durch unsere Studie unterstützt. Bei zwei Patienten wurde die Kyphose im Bereich der Instrumentationsstrecke um mehr als 50 % korrigiert, woraufhin sich eine obere junktionale Kyphose ausbildete (WF = 28°; TM = 18°).

Für 19 Patienten (76 %) ergab sich gegenüber dem präoperativen Status bei Nachuntersuchung eine junktionale Kyphose von 5° bis 34° mit einem Mittelwert von 19°. Bei einer durchschnittlichen Korrektur der vorbestehenden Kyphose im endgültigen Fusionsbereich um 23° ist dies erheblich. Schon die Operation führte bei fünf Patienten (20 %: SC, KS, ST, DS, AT) zu einer kranialen Anschlusskyphose von über 10°. Bei diesen fünf Patienten lag eine hochthorakale Kyphose vor, die in vier Fällen nicht komplett instrumentiert wurde. Einer der Gründe dafür ist, dass die kleineren hochthorakalen

Wirbelkörper schwer mit Pedikelschrauben besetzt werden können. Alternativ können supralaminäre oder Pedikelhaken eingesetzt werden, die jedoch operationsbedingt mit einem höheren neurologischen Risiko vergesellschaftet und schwerer zu revidieren sind. Spekulativ bleibt, ob bei Einsatz von Haken aufgrund der Durchtrennung von dorsalen Bandstrukturen eine Instabilität resultiert, und in der Folge ebenfalls eine junktionale Kyphose entsteht.

In dieser Studie erfasste das Instrumentarium in 12 Fällen (48 %) nicht komplett die maximale Kyphose. Hierbei trat in der Hälfte dieser Fälle eine obere junktionale Kyphose von  $\geq 10^\circ$  auf. Interessanterweise zeigte sich bei dieser Gruppe, dass die direkt durch die Operation bedingte junktionale Kyphose (MW  $6,1^\circ$ ) bereits größer ist als die der Patienten, deren Fusion die gesamte Kyphose einschloss (MW  $4,2^\circ$ ). Vermutlich ist dies auf die über Jahre angewöhnte Körperhaltung mit muskulärer Insuffizienz und den abrupten Übergang von komplett fixierte in flexible Wirbelsäulenabschnitte zurückzuführen. Gerade diese Übergangsbereiche unterliegen erheblichen biomechanischen Anforderungen, die möglicherweise von einem partiell insuffizienten Muskelbandapparat nicht mehr kompensiert werden können.

Hosman et al. fanden bei 33 operativ behandelten Patienten mit Adoleszentenkyphose nur eine junktionale Kyphose (Hosman, Langeloo et al. 2002). Fraglich ist jedoch, ob bei allen Patienten ein standardisierter Bereich erfasst wurde. Betont wird jedoch, dass es sich bei diesem Patienten um eine flexible Wirbelsäule handelte. Bei der Überprüfung dieses vermeintlichen Risikofaktors zeigte sich, dass bei Patienten mit flexibler Wirbelsäule (s. Material und Methoden) operationsbedingt eine obere junktionale Kyphose von durchschnittlich  $5,3^\circ$  auftrat, und bei Patienten mit rigiden Verhältnissen von  $6,2^\circ$ . Betrachtet man den weiteren Behandlungsverlauf, so wiesen die „flexiblen Kyphosen“ eine Zunahme auf  $10^\circ$  im Mittel auf gegenüber  $7,8^\circ$  bei „rigiden Kyphosen“. Tendenziell kann die Annahme Hosmans unterstützt werden, dass eine flexible Wirbelsäule postoperativ verstärkt zu einer oberen Anschlusskyphose neigt. Betrachtet man allerdings die Gesamtveränderung in diesem Bereich ergibt sich zwischen beiden Gruppen kein signifikanter Unterschied:  $14^\circ$  bei rigiden und  $15,3^\circ$  bei flexiblen Wirbelsäulenverhältnissen.

In Hinblick auf die postoperative Entwicklung einer oberen junktionalen Kyphose ergab sich unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Operationsverfahren augenscheinlich kein Vorteil bei der Verwendung von Pedikelschrauben anstelle von Haken, legt man die Durchschnittswerte zugrunde. Es ist jedoch anzumerken, dass zwei der sechs mit Haken instrumentierten Patienten die ausgeprägtesten Anschlusskyphosen des gesamten Kollektivs aufwiesen (SC = 34°; WF = 30°).

Bei Patient DS zeigte sich ein Auswandern der kranialen Schrauben mit einer postoperativen Zunahme der oberen junktionalen Kyphose um 16° 18 Monate postoperativ. Bis zu diesem Zeitpunkt hatte sich bereits eine Anschlusskyphose von 13° ausgebildet. Da die Schraubenauswanderung erst 18 Monate postoperativ zu erkennen war, ist sie wahrscheinlich Ausdruck der hohen biomechanischen Belastungssituation in diesem Bereich.

Bezüglich des zeitlichen Auftretens oberer junktionaler Kyphosen wurde bisher keine Studie veröffentlicht. In der vorliegenden Arbeit konnte ermittelt werden, dass sich Anschlusskyphosen nach Instrumentation fast vollständig im ersten postoperativen Jahr einstellten, wobei die größte Veränderung innerhalb der ersten sechs Monate eintrat (s. Abbildung 5.16).

Eine relevante untere junktionale Kyphose lag in unserem Kollektiv nicht vor, wobei der von Lowe et Kasten als protektiv postulierte Faktor, die erste lordotische Bandscheibe in die Fusion mit einzubeziehen, in 92 % der Fälle erfüllt war (Lowe and Kasten 1994). Es trat keine der von diesen Autoren beschriebenen hochgradigen Kyphosen zwischen 10° bis 30° auf. Dies unterstreicht die Wichtigkeit dieses Kriteriums, zeigt aber auch, dass es bei fehlender Miteinbeziehung der ersten lordotischen Bandscheibe nicht zwangsläufig zu einer unteren junktionalen Kyphose kommen muss.

Durch die Verringerung der thorakalen Kyphose verringert sich analog der Gegenschwung der Lumballdose (Lowe and Kasten 1994; Hosman, Langeloo et al. 2002; Poolman, Been et al. 2002). Die durchschnittliche Lendenlordose (L1 – L5) lag in unserer Studie mit 58,6° präoperativ im oberen

Normbereich (Bernhardt and Bridwell 1989). Sie betrug postoperativ  $-44,4^\circ$  und zum letzten Nachuntersuchungszeitpunkt  $-46,4^\circ$ . In vergleichbaren Studien liegt die präoperative Lordose ebenso im oberen Normbereich, reduziert sich in ähnlichem Maße durch die Operation und bleibt dann weitgehend unverändert. Die vermehrte lumbale Lordose kann somit als Kompensationsmechanismus der thorakalen bzw. thorakolumbalen Hyperkyphose verstanden werden, die sich nach Kyphosekorrektur entsprechend spontan redressiert.

In dieser Arbeit wurde ebenfalls untersucht, ob die HWS einen analogen Kompensationsmechanismus darstellt. Loder untersuchte bisher als einziger den Zusammenhang zwischen zervikaler, thorakaler und lumbaler Schwingung der Wirbelsäule bei Patienten mit Morbus Scheuermann (Loder 2001). Der bereits erwähnte Zusammenhang zwischen thorakaler Kyphose und lumbaler Lordose konnte bestätigt werden, allerdings konnte keine Korrelation zwischen der thorakalen Kyphose und der zervikalen Lordose ermittelt werden. Die zervikale Lordose maß in seinem Kollektiv durchschnittlich  $-9^\circ$  bei einer maximalen thorakalen Kyphose von durchschnittlich nur  $65^\circ$ . Es wurde bei keinem der untersuchten Patienten eine operative Korrektur der moderaten Hyperkyphose durchgeführt. Somit sind die von uns gemessenen Werte für die HWS-Lordose die ersten eines operativ therapierten Kollektivs mit einem hohen präoperativen Ausgangswert für die maximale thorakale Kyphose von  $83,9^\circ$ . Hierbei lag die durchschnittliche zervikale Lordose bei  $-20,5^\circ$  und damit deutlich höher als im Kollektiv von Loder. Eine Vermessung des HWS-Profiles im postoperativen Verlauf war leider nur bei 15 Patienten möglich. Hierbei ergab sich eine mittlere HWS-Lordose zum letzten Nachuntersuchungszeitpunkt von  $-27,5^\circ$ , wobei sich allerdings in 13 Fällen eine obere junktionale Kyphose von mehr als  $10^\circ$  ausbildete. Abschließend lässt sich somit keine Korrelation beweisen.

Der thorakolumbale Übergang zeigt mit mittleren  $25,7^\circ$  die sich auch hier hin auswirkende Adoleszentenkyphose, Der leicht kyphotische Normbereich (Murray, Weinstein et al. 1993) ist hier klar überschritten. Die postoperativen und Verlaufsaufnahmen spiegeln mit  $16,5^\circ$  und  $18,4^\circ$  die Aufrichtung der

Kyphose und den geringen Korrekturverlust wieder. Jedoch überschreitet in diesem Bereich die Kyphose postoperativ immer noch klar den Normbereich.

Zusammenfassend zeigen die radiometrischen Ergebnisse dieser Arbeit, dass sich mit der dorsalen Kompressionsspondylodese gute Korrekturergebnisse erzielen lassen. Diese werden durch das hier vornehmlich eingesetzte MPDS-Instrumentarium im Langzeitverlauf aufrechterhalten. Leider muss das Gesamtkorrekturergebnis in Hinblick auf die sich häufig einstellende kraniale Anschlusskyphose relativiert werden. Um ein optimales Korrekturergebnis zu erzielen, sollte die Operation nach den o. g. Therapieempfehlungen von Lowe und Kasten sowie Arlet und Schlenzka geplant und durchgeführt werden (Lowe and Kasten 1994; Arlet and Schlenzka 2005). So trat das Problem der unteren junktionalen Kyphose durch eine ausreichend lange, den Therapieempfehlungen entsprechenden Fusion in dieser Studie gar nicht erst auf.

### 6.3 Diskussion der SRS-Score Ergebnisse

Der SRS-Score schlüsselt die subjektive Einstellung der Patienten zu ihrer Operation und deren Resultat genauer auf. Die erreichte Gesamtpunktzahl des vorliegenden Kollektivs ist mit 83 Punkten identisch mit der von Poolman et al. bei einem vergleichbaren Kollektiv ermittelten Gesamtpunktzahl (Poolman, Been et al. 2002). Insbesondere das Alter der Patienten und die Operationsmethode sind vergleichbar. Das einfache Aufaddieren als „klassische“ Scoreauswertung ist im Fall des SRS-Fragebogens allerdings nicht ausreichend und würde zu keiner adäquaten Bewertung führen, da die erfassten Teilbereiche Schmerz prä- und postoperativ, Selbstbild prä- und postoperativ, körperliche Funktionalität prä- und postoperativ sowie subjektive Zufriedenheit mit dem operativen Ergebnis eine genauere Betrachtung erfordern. Dies zeigte der weiterführende Vergleich beider anscheinend identischen Studienergebnisse. So gaben in dieser Studie nur 14 % postoperativ verstärkte Rückenschmerzen an, gegenüber 18 % in der Vergleichsstudie. Bei 27 % unserer Patienten berichteten über eine

unveränderte Schmerzsymptomatik postoperativ bzw. im Verlauf, während bei Poolman et al. 36 % der Patienten gleich bleibende Beschwerden angaben. Die Rückenschmerzen verbesserten sich operationsbedingt in 59 % der Fälle unseres Kollektivs, wohingegen Poolman et al. nur eine Verbesserung bei 45 % aller Patienten verzeichneten.

Die Auswertung der Veränderung des Selbstbildes zeigte einen noch deutlicheren Unterschied. So wurde von 87 % der eigenen Patienten eine Verbesserung des Selbstbildes beschrieben, 9 % nahmen keine Veränderung wahr, und nur ein Patient (4 %) verschlechterte sich. Demgegenüber berichteten Poolman et al. über eine Verbesserung in 45 %, keine Veränderung in 41 % und eine Verschlechterung des Selbstbildes in 14 % aller Befragten.

Da sowohl Schmerz und schlechtes Selbstbild die zwei häufigsten Indikationen einer Operation sind (Bradford, Moe et al. 1975; Speck and Chopin 1986; Sturm, Dobson et al. 1993; Ferreira-Alves, Resina et al. 1995), kann man hinsichtlich der Fragebogenauswertung ganz klar von einem Therapieerfolg ausgehen. Dies untermauert Frage 24 (s. Abbildung 4.44): 75 % der hier untersuchten Patienten antworteten, dass sie sich bei gleicher Krankheit wieder operieren lassen würden; 50 % von diesen waren sich dabei sogar „ganz sicher“. Demgegenüber waren sich nur insgesamt 72 % der Vergleichspatienten aus den Niederlanden sicher, einen solchen Eingriff noch mal durchführen zu lassen. Von diesen waren nur 41 % „ganz sicher“.

Vergleicht man die radiometrischen Ergebnisse, so zeigt sich interessanterweise, dass in der Studie von Poolman et. al. eine thorakale Kyphose (T3 – T12) von durchschnittlich 70° vorlag. In unserem Kollektiv betrug diese jedoch 77° bei vergleichbarem Messbereich (T4 – T12). Die durchschnittliche maximale Kyphose lag mit 84° sogar noch deutlich höher. Die Kyphose konnte im Kollektiv von Poolman et al. auf einen Mittelwert von 39° korrigiert werden, wobei sich allerdings bis zur letzten Nachuntersuchung ein Korrekturverlust von durchschnittlich 16° einstellte. Dieser trat vorwiegend nach Implantatentfernung auf. Die in der vorliegenden Arbeit untersuchten Patienten wiesen postoperativ eine Kyphose von 57° (T4 – T12) auf, allerdings einen wesentlich geringeren

Korrekturverlust von 2,4°. Hierbei muß erwähnt werden, dass das dorsale Instrumentarium in zwei Fällen entfernt wurde, wobei in einem Fall ein Korrekturverlust von 11° (TMV) auftrat. Bei dem anderen Patienten (AP) zeigte sich im Verlauf ein unveränderter Kyphosewinkel. Eine bessere initiale Korrektur der kyphotischen Formstörung mit nachträglich hohem Korrekturverlust wird unter Berücksichtigung der Fragebogenergebnisse bezüglich Selbstbild und Zufriedenheit mit dem operativen Resultat nicht besser bewertet, als eine geringere Korrektur, die aber im Wesentlichen erhalten blieb.

Vergleicht man die Score-Angaben der neun Patienten mit einer postoperativen junktionalen Kyphose von  $\geq 10^\circ$  (MK, TM, MJ, HD, SM, WF, SJ, DS, DH) mit dem übrigen Kollektiv, so ergeben sich Unterschiede in den einzelnen Kategorien: Die postoperative Funktionalität bzw. Aktivität wurde von Patienten mit Anschlusskyphose mit durchschnittlich 3,2 Punkten um 0,4 Punkte höher bewertet als von dem übrigen Kollektiv. Überraschenderweise schnitten die Patienten mit junktionaler Kyphose überdies besser in den Kategorien 'Selbstbild' (+0,4 Punkte) und 'Zufriedenheit' (+0,3 Punkte) ab. Allerdings wurde in der Gruppe mit Anschlusskyphose aktuell eine stärker ausgeprägte Schmerzsymptomatik angegeben (3,3 vs. 4,0 Punkte). Eine längerfristige Verlaufsbeurteilung der Schmerzen bei Ausbildung einer junktionalen Kyphose lässt sich in der Literatur nicht finden. Es ist aber anzunehmen, dass eine Progredienz der Schmerzsymptomatik infolge zunehmender Fehlbelastung spinaler Strukturen, insbesondere der Wirbelgelenke, nicht unwahrscheinlich ist.

Um die unterschiedliche Aussagekraft der Gesamtpunktzahl im SRS-Score zu verdeutlichen, seien hier exemplarisch die beiden Patienten mit dem geringsten Punkten (SM = 63 Punkte; AP = 66 Punkte) aufgeführt.

Bei Patientin SM wurde der gesamte Kyphosebereich von (T4 – T12) instrumentiert, jedoch lediglich von 67° auf 57° korrigiert. Die erste lordotische Bandscheibe wurde dabei nicht in den Fusionsbereich miteinbezogen. Intraoperativ trat eine größere, iatrogen bedingte Blutung im Bereich des Foramen ischiadicum auf, die sich jedoch nicht auf den postoperativen Verlauf auswirkte.



Im Weiteren kam es zu einer Schraubenauswanderung in Höhe T4 links, die nicht revidiert wurde. Ein Korrekturverlust im Instrumentationsbereich stellte sich nicht ein, allerdings entwickelte sich eine obere junktionale Kyphose von 14°, wodurch die maximale Kyphose gegenüber dem präoperativen Befund sogar um 4° zugenommen hat. Im SRS-Score wurden Schmerzen und Selbstbild als gleich bleibend schlecht und die Funktion als eingeschränkt bewertet. Die Patientin würde sich dem Eingriff retrospektiv betrachtet definitiv nicht mehr unterziehen.

Demgegenüber weist Patientin AP eine vergleichbar niedrige Gesamtpunktzahl auf, allerdings ein gutes klinisches und radiometrisches Ergebnis. Die maximale Kyphose wurde komplikationslos von 84° auf 59° korrigiert. Obwohl die Instrumentation nicht alle Wirbel im kranialen Bereich der maximalen Kyphose erfasste, trat im Verlauf keine obere junktionale Kyphose auf. Die Patientin ist bezüglich Selbstbild und Zufriedenheit mit dem operativen Ergebnis sehr zufrieden, wenngleich eine Verschlechterung der Funktion und Schmerzsymptomatik angegeben wurde. Sie ist sich jedoch im Nachhinein nicht sicher, ob sie sich dem Eingriff wieder unterziehen würde.

Ein pauschales Aufaddieren der prä- und postoperativen Werte ist somit zur Auswertung des SRS-Score ungeeignet. Vielmehr müssen die einzelnen Teilbereiche differenziert betrachtet werden.

#### 6.4 Zusammenfassung

Abschließend soll aufgrund der teils ernüchternden objektiven radiologischen Ergebnisse die WHO Definition von Gesundheit aufgeführt werden: „Ein Zustand des umfassenden körperlichen, geistigen und sozialen Wohlbefindens“

Die hohe subjektive Zufriedenheit der Patienten ist letztendlich entscheidender, als die radiometrisch ermittelten Parameter. Der Vergleich mit anderen Studien zeigt, dass eine optimale Therapiezufriedenheit nicht allein von der erzielten Korrektur abhängt.

Allerdings ist durch die beschriebene Operationsmethode immer auch die Gefahr schwerwiegender, das Leben bedrohender oder langfristig stark einschränkender Komplikationen gegeben.

Als vorher nur unzureichend bekannte Komplikation hat sich in der vorliegenden Arbeit die junktionale Kyphose erwiesen. Ihre Vermeidung würde zu einem deutlich verbesserten Korrekturergebnis führen. Diesbezüglich ist es umso wichtiger, die Operation nach folgenden, sich als günstig erweisenden Maximen zu planen:

1. Operationsindikation bei Kyphosen von ca. 70° – 75° nach Cobb
2. Ventrodorsales Vorgehen bei höhergradigen rigiden Kyphosen
3. Die Fusion sollte die maximale Kyphose erfassen sowie die erste lordotische Bandscheibe
4. Keine Korrektur über 50 % der maximalen Kyphose
5. Hoher Kyphosescheitel sowie eine flexible Kyphose bedingen tendenziell eher eine obere junktionale Kyphose

Diese Arbeit zeigt, dass die dorsale Kompressionsspondylodese bei Morbus Scheuermann empfohlen werden kann. Sie sollte allerdings nur nach den herausgearbeiteten Gesichtspunkten geplant und angewandt werden, um dem körperlich Entstellten oder Schmerzgeplagten nach umfassender Beratung zu helfen.

## **7. Literaturverzeichnis**

- Arlet, V. and D. Schlenzka (2005). "Scheuermann's kyphosis: surgical management." Eur Spine J **14**: 14.
- Ascani, E., V. Salsano, et al. (1977). "The incidence and early detection of spinal deformities. A study based on the screening of 16,104 schoolchildren." Ital J Orthop Traumatol **3**(1): 111-7.
- Aufdermaur, M. (1965). "[on the Pathological Anatomy of Scheuermann's Disease]." Schweiz Med Wochenschr **95**: 264-8.
- Aufdermaur, M. and M. Spycher (1986). "Pathogenesis of osteochondrosis juvenilis Scheuermann." J Orthop Res **4**(4): 452-7.
- Bernhardt, M. and K. H. Bridwell (1989). "Segmental analysis of the sagittal plane alignment of the normal thoracic and lumbar spines and thoracolumbar junction." Spine **14**(7): 717-21.
- Bohndorf, K. I., H. (1998). "Radiologische Diagnostik der Knochen und Gelenke." Thieme Stuttgart: 328-329.
- Bradford, D. S. (1977). "Juvenile kyphosis." Clin Orthop(128): 45-55.
- Bradford, D. S., K. B. Ahmed, et al. (1980). "The surgical management of patients with Scheuermann's disease: a review of twenty-four cases managed by combined anterior and posterior spine fusion." J Bone Joint Surg Am **62**(5): 705-12.
- Bradford, D. S., D. M. Brown, et al. (1976). "Scheuermann's kyphosis: a form of osteoporosis?" Clin Orthop(118): 10-5.
- Bradford, D. S. and J. H. Moe (1975). "Scheuermann's juvenile kyphosis. A histologic study." Clin Orthop(110): 45-53.
- Bradford, D. S., J. H. Moe, et al. (1974). "Scheuermann's kyphosis and roundback deformity. Results of Milwaukee brace treatment." J Bone Joint Surg Am **56**(4): 740-58.
- Bradford, D. S., J. H. Moe, et al. (1975). "Scheuermann's kyphosis. Results of surgical treatment by posterior spine arthrodesis in twenty-two patients." J Bone Joint Surg Am **57**(4): 439-48.
- Brocher, J. and Willert (1970). "Die Scheuermann'sche Krankheit." Differentialdiagnose der Wirbelsäulen-Erkrankungen, 5. Auflage Thieme Verlag, Stuttgart: 191-231.
- Chiu, K. Y. and K. D. Luk (1995). "Cord compression caused by multiple disc herniations and intraspinal cyst in Scheuermann's disease." Spine **20**(9): 1075-9.
- Cloward, R. B. and P. C. Bucy (1993). "Spinal extradural cyst and kyphosis dorsalis juvenilis. 1937." Surg Neurol **39**(6): 469-73.
- Cobb, J. R. (1948). "Outline for the study of scoliosis." Instructional course lectures. American academy of orthopaedic surgeons **5**: 261.
- de Jonge, T., T. Illes, et al. (2001). "Surgical correction of Scheuermann's kyphosis." Int Orthop **25**(2): 70-3.
- Deacon, P., C. R. Berkin, et al. (1985). "Combined idiopathic kyphosis and scoliosis. An analysis of the lateral spinal curvatures associated with Scheuermann's disease." J Bone Joint Surg Br **67**(2): 189-92.
- Deckey, J. E., C. Court, et al. (2000). "Loss of sagittal plane correction after removal of spinal implants." Spine **25**(19): 2453-60.

- Dihlmann, W. (1987). "Gelenke- Wirbelverbindungen." Thieme Stuttgart: 478-514.
- Felsenberg, D., E. Wieland, et al. (1998). "[Prevalence of vertebral spinal deformities in women and men in Germany. EVOS group in Germany]." Med Klin (Munich) **93 Suppl 2**: 31-4.
- Ferreira-Alves, A., J. Resina, et al. (1995). "Scheuermann's kyphosis. The Portuguese technique of surgical treatment." J Bone Joint Surg Br **77(6)**: 943-50.
- Gelb, D. E., L. G. Lenke, et al. (1995). "An analysis of sagittal spinal alignment in 100 asymptomatic middle and older aged volunteers." Spine **20(12)**: 1351-8.
- Gennari, J. M., R. Aswad, et al. (1997). "Indications for surgery in so-called "regular" thoracic and thoracolumbar kyphosis." Eur Spine J **6(1)**: 25-32.
- Gilsanz, V., D. T. Gibbens, et al. (1989). "Vertebral bone density in Scheuermann disease." J Bone Joint Surg Am **71(6)**: 894-7.
- Graat, H. C., L. W. van Rhijn, et al. (2002). "Classical Scheuermann disease in male monozygotic twins: further support for the genetic etiology hypothesis." Spine **27(22)**: E485-7.
- Güntz, E. (1938). "Kyphosis juvenilis sive adolescentium." Zeitschr. Orthop. **16**: 53-75.
- Haheer, T. R., J. M. Gorup, et al. (1999). "Results of the Scoliosis Research Society instrument for evaluation of surgical outcome in adolescent idiopathic scoliosis. A multicenter study of 244 patients." Spine **24(14)**: 1435-40.
- Harrison, D. E., D. D. Harrison, et al. (2000). "Cobb method or Harrison posterior tangent method: which to choose for lateral cervical radiographic analysis." Spine **25(16)**: 2072-8.
- Hartwig, C. H. and P. Reize (1993). "[Scheuermann's disease; diagnosis and therapy]." Dtsch Krankenpflegez **46(9)**: 651-3.
- Heine, J., R. Stauch, et al. (1984). "Ergebnisse der operativen Behandlung des Morbus Scheuermann." Z. Orthop. **122**: 743-749.
- Herndon, W. A., J. B. Emans, et al. (1981). "Combined anterior and posterior fusion for Scheuermann's kyphosis." Spine **6(2)**: 125-30.
- Hosman, A. J., D. D. Langeloo, et al. (2002). "Analysis of the sagittal plane after surgical management for Scheuermann's disease: a view on overcorrection and the use of an anterior release." Spine **27(2)**: 167-75.
- Howard, S. (1992). "Kyphosis." Synopsis of Orthopedics, Thieme Verlag Stuttgart: 417-419.
- Hugo, V. (1831). "Notre-Dame de Paris." <http://www.livresse.com/Livres-enligne/notredameparis/09-4ndp.shtml>: Livre neuf, Chapitre quatre, Grès et cristal.
- Hugo, V. (2005). "Der Glöckner von Notre Dame." dtv: 443
- Ippolito, E., M. Bellocci, et al. (1985). "Juvenile kyphosis: an ultrastructural study." J Pediatr Orthop **5(3)**: 315-22.
- Ippolito, E. and I. V. Ponseti (1981). "Juvenile kyphosis: histological and histochemical studies." J Bone Joint Surg Am **63(2)**: 175-82.
- Johnston, C. E., 2nd, E. Elerson, et al. (2005). "Correction of adolescent hyperkyphosis with posterior-only threaded rod compression

- instrumentation: is anterior spinal fusion still necessary?" Spine **30**(13): 1528-34.
- Kemp, F. H. and D. C. Wilson (1947). "Some Factors in Aetiology of Osteochondritis of the Spine. A Report of Two Families." British J. Radiol. **20**: 410-417.
- Kosova, Z. (1975). "[Observation of the Activity of Scheuermann's disease (author's transl)]." Acta Chir Orthop Traumatol Cech **42**(2): 154-7.
- Krahl, H., K. Scheele, et al. (1980). "Klinische Kriterien der Floridität bei M Scheuermann." Die Wirbelsäule in Forschung und Praxis Band 89(Hippokrates Verlag, Stuttgart): 69-71.
- Krämer, J., R. Schleberger, et al. "Juvenile Aufbaustörung der Wirbelsäule Morbus Scheuermann." Schinz: 113-124.
- Lambrinudi, C. (1934). "Adolescent and Senile Kyphosis." British Med. J. **2**: 800-804.
- Lim, M., D. W. Green, et al. (2004). "Scheuermann kyphosis: safe and effective surgical treatment using multisegmental instrumentation." Spine **29**(16): 1789-94.
- Loder, R. T. (2001). "The sagittal profile of the cervical and lumbosacral spine in Scheuermann thoracic kyphosis." J Spinal Disord **14**(3): 226-31.
- Lopez, R. A., S. W. Burke, et al. (1988). "Osteoporosis in Scheuermann's disease." Spine **13**(10): 1099-103.
- Lowe, T. G. (1987). "Double L-rod instrumentation in the treatment of severe kyphosis secondary to Scheuermann's disease." Spine **12**(4): 336-41.
- Lowe, T. G. (1990). "Scheuermann disease." J Bone Joint Surg Am **72**(6): 940-5.
- Lowe, T. G. and M. D. Kasten (1994). "An analysis of sagittal curves and balance after Cotrel-Dubousset instrumentation for kyphosis secondary to Scheuermann's disease. A review of 32 patients." Spine **19**(15): 1680-5.
- McCallum, M. J. (1984). "Scheuermann's disease the result of emotional stress?" Med J Aust **140**(3): 184.
- McKenzie, L. and D. Sillence (1992). "Familial Scheuermann disease: a genetic and linkage study." J Med Genet **29**(1): 41-5.
- Merola, A. A., T. R. Hafer, et al. (2002). "A multicenter study of the outcomes of the surgical treatment of adolescent idiopathic scoliosis using the Scoliosis Research Society (SRS) outcome instrument." Spine **27**(18): 2046-51.
- Murray, P. M., S. L. Weinstein, et al. (1993). "The natural history and long-term follow-up of Scheuermann kyphosis." J Bone Joint Surg Am **75**(2): 236-48.
- Nerubay, J. and A. Katznelson (1986). "Dual approach in the surgical treatment of juvenile kyphosis." Spine **11**(1): 101-2.
- Ogilvie, J. W. and J. Sherman (1987). "Spondylolysis in Scheuermann's disease." Spine **12**(3): 251-3.
- Otsuka, N. Y., J. E. Hall, et al. (1990). "Posterior fusion for Scheuermann's kyphosis." Clin Orthop(251): 134-9.
- Paajanen, H., M. Erkintalo, et al. (1989). "Magnetic resonance study of disc degeneration in young low-back pain patients." Spine **14**(9): 982-5.

- Papagelopoulos, P. J., R. A. Klassen, et al. (2001). "Surgical treatment of Scheuermann's disease with segmental compression instrumentation." Clin Orthop(386): 139-49.
- Poolman, R. W., H. D. Been, et al. (2002). "Clinical outcome and radiographic results after operative treatment of Scheuermann's disease." Eur Spine J **11**(6): 561-9;discussion 570. Epub 2002 Sep 10.
- Raisman, V. (1955). "Adolescent round back deformity-a late result of poliomyelitis?" Bull Hosp Joint Dis **16**(1): 94-102.
- Reinhardt, P. and G. S. Bassett (1990). "Short segmental kyphosis following fusion for Scheuermann's disease." J Spinal Disord **3**(2): 162-8.
- Reinhold, H. (1966). "Beitrag zur Adoleszentenkyphose (Morbus Scheuermann)." Radiol. Austr. **15**: 249-457.
- Scheuermann, H. W. (1977). "The classic: kyphosis dorsalis juvenilis." Clin Orthop(128): 5-7.
- Schmorl, G. (1933). "Über Verlagerung von Bandscheibengewebe un ihre Folgen." Arch. klin. Chir. **172**, (Zit. n. Kohn (1982)).
- Soderberg, L. and L. Andren (1955). "Disc degeneration and lumbago-ischias." Acta Orthop Scand **25**(2): 137-48.
- Soo, C. L., P. C. Noble, et al. (2002). "Scheuermann kyphosis: long-term follow-up." Spine J **2**(1): 49-56.
- Sörensen, K. H. (1964). "Scheuermann's juvenile kyphosis." Munksgaard(Copenhagen): 214-222.
- Speck, G. R. and D. C. Chopin (1986). "The surgical treatment of Scheuermann's kyphosis." J Bone Joint Surg Br **68**(2): 189-93.
- Stagnara, P., J. C. De Mauroy, et al. (1982). "Reciprocal angulation of vertebral bodies in a sagittal plane: approach to references for the evaluation of kyphosis and lordosis." Spine **7**(4): 335-42.
- Stoddard, A. and J. F. Osborn (1979). "Scheuermann's disease or spinal osteochondrosis: its frequency and relationship with spondylosis." J Bone Joint Surg Br **61**(1): 56-8.
- Sturm, P. F., J. C. Dobson, et al. (1993). "The surgical management of Scheuermann's disease." Spine **18**(6): 685-91.
- Taylor, T. C., D. R. Wenger, et al. (1979). "Surgical management of thoracic kyphosis in adolescents." J Bone Joint Surg Am **61**(4): 496-503.
- Tribus, C. B. (1998). "Scheuermann's kyphosis in adolescents and adults: diagnosis and management." J Am Acad Orthop Surg **6**(1): 36-43.
- Vedantam, R., L. G. Lenke, et al. (1998). "Comparison of standing sagittal spinal alignment in asymptomatic adolescents and adults." Spine **23**(2): 211-5.
- Voutsinas, S. A. and G. D. MacEwen (1986). "Sagittal profiles of the spine." Clin Orthop(210): 235-42.
- Wassmann, K. (1951). "Kyphosis juvenilis Scheuermann--an occupational disorder." Acta Orthop Scand **21**(1-4): 65-74.
- Wiltse, L. L. and R. B. Winter (1983). "Terminology and measurement of spondylolisthesis." J Bone Joint Surg Am **65**(6): 768-72.
- Xiao, R., Y. Shong, et al. (2004). "[Clinical study on blood salvage technique in spine orthopaedic operation]." Sheng Wu Yi Xue Gong Cheng Xue Za Zhi. **21**(5): 809-11, 818.

## **8. Danksagung**

An erster Stelle möchte ich Herrn Prof. Dr. med. W. Winkelmann für die Überlassung des Themas danken.

Ich danke Herrn Prof. Dr. med. U. Liljenqvist für die Stellung des Themas sowie seine freundliche Unterstützung und fachliche Hilfe bei dieser Arbeit. Er hat mich während meiner Doktoranden- und PJ-Zeit für die Wirbelsäulenorthopädie begeistert.

Insbesondere Danke ich Thomas Lerner, der mich während der gesamten Zeit freundschaftlich beraten, ermuntert und unterstützt hat. Besonders für sein persönliches Engagement bei der Korrektur meiner Arbeit möchte ich mich bedanken.

Für das Korrekturlesen meiner Arbeit möchte ich meiner Großmutter besonders danken.

Mein größter Dank gilt meiner Freundin Cordula, die mich stets motiviert und unterstützt hat wissenschaftlich zu arbeiten und meinen Berufswunsch der Orthopädie zu folgen.

Ohne meine Eltern wäre diese Arbeit nicht zustande gekommen. Sie haben mir stets alle schulischen und universitären Freiheiten gelassen und haben mich nicht nur bei dieser Arbeit, sondern während meines gesamten Lebens konstruktiv unterstützt. Sie sind mir menschlich und beruflich Vorbilder.



## **9. Lebenslauf**

### **PERSÖNLICHE ANGABEN:**

Name: Max Daniel Kauther  
 Geburtsdatum: 08. August 1978  
 Geburtsort: Wuppertal  
 Familienstand: ledig  
 E-mail: max.kauther@gmx.de

### **SCHULISCHE AUSBILDUNG:**

08/1985 - 07/1989 Grundschole Stephanus, Paderborn  
 08/1989 - 06/1998 Reismann Gymnasium, Paderborn – Abitur

### **ZIVILDIENTST:**

09/1998 - 09/1999 Rettungssanitäter bei der Feuerweh Paderborn

### **HOCHSCHULSTUDIUM:**

10/1999 - 06/2005 Studium der Humanmedizin an der Westfälischen  
 Wilhelms-Universität Münster  
 09/2001 Ärztliche Vorprüfung  
 03/2003 Erster Abschnitt der Ärztlichen Prüfung  
 01/2004 - 06/2004 ERASMUS Student in Oulu, Finnland  
 03/2005 Zweiter Abschnitt der Ärztlichen Prüfung  
 04/2005 - 04/2006 Praktisches Jahr:  
 Innere Medizin – Kardiologische Intensivobservation  
 Universitätsklinikum Münster (Univ. Prof. Dr. med. Breithardt)  
 Orthopädie – Universitätsklinikum Münster  
 (Univ. Prof. Dr. med. W. Winkelmann)  
 Unfallchirurgie/ Chirurgie – Clemenshospital Münster  
 (Prof. Dr. med. H. Rieger /Prof. Dr. med. U. Sulkowski)  
 16.05.2006 Dritter Abschnitt der Ärztlichen Prüfung

### **PRAKTIKA/ FAMULATUREN:**

09/1999 Pflegepraktikum, Kinderkrankenhaus Seehospiz, Norderney  
 02/2002 Famulatur Radiologie – St. Vincenz Krankenhaus, Paderborn  
 03/2002 Famulatur Unfallchirurgie – St. Vincenz Krankenhaus,  
 Paderborn  
 08/2002 Famulatur Anästhesie – Universitätsklinikum Münster  
 08/2003 - 09/2003 Famulatur Innere Medizin/ Notfallmedizin – Noosa, Australien  
 03/2004 Famulatur Unfallchirurgie – Universitätsklinik Oulu, Finnland  
 09/2004 Famulatur Orthopädie– Universitätsklinikum Münster  
 09/2005 Mitarbeit beim „5. Münsteraner Wirbelsäulenworkshop“ unter

---

|         |   |
|---------|---|
| 10/2005 | Leitung von Prof. Dr. med. U. Liljenqvist<br>Teilnahme am Gipskurs „Klumpfußtherapie nach Ponseti“ unter<br>Leitung von PD Dr. med. R. Rödl |
| 3/2006  | Mitarbeit beim „Refixation Update 2006: Sechster<br>Schulteroperationskurs“ unter Leitung von Prof. Dr. med. Jörn<br>Steinbeck              |

**DISSERTATION:**


---

|            |  |
|------------|--|
| 31.10.2006 | Dissertation zum Thema „Mittelfristige Ergebnisse der<br>operativen Therapie bei Patienten mit Morbus Scheuermann“<br>in der Klinik und Poliklinik für Allgemeine Orthopädie des<br>Universitätsklinikums Münster - Doktorvater Prof. Dr. med. U.<br>Liljenqvist |
|------------|--|

**SONSTIGE TÄTIGKEITEN:**


---

|                   |  |
|-------------------|--|
| 03/1990 - 08/1999 | Betreuer einer integrativen Sportgruppe für körperlich und<br>geistig Behinderte, BSG Paderborn                  |
| 05/1995 - 08/1999 | Ökumenische Jugendarbeit, Heinrichspfarrei Paderborn   |
| 1997              | C-Trainer-Schein Kunstturnen   |
| 1997 - 09/1999    | Leiter von Kinder- und Jugend-Kunstturnriegen TV Paderborn   |
| 09/2000           | Pflegedienstmitarbeit im Kinderkrankenhaus Seehospiz,<br>Norderney   |
| 05/2001 - 12/2003 | Mitarbeit im Pflegedienst / Internistische Notaufnahme des<br>Evangelischen Krankenhaus Johannesstift in Münster |
| 10/2001           | Skilehrerausbildung für den Hochschulsport Münster   |
| 10/2001 - 03/2002 | Studentische Hilfskraft im Anatomischen Institut   |
| 10/2001 - 10/2002 | Übungsleiter für Gerättturnen beim Hochschulsport  |

**SPRACHENKENNTNISSE:**


---

|             |                              |
|-------------|------------------------------|
| Englisch    | fließend in Wort und Schrift |
| Französisch | gute Grundkenntnisse         |
| Finnisch    | Grundkenntnisse              |
| Latein      | Latinum                      |

**EDV-KENNTNISSE:**


---

Windows, Word, Excel, PowerPoint, EndNote

**HOBBYS:**


---

Kunstturnen  
Skifahren  
Windsurfen  
Reisen  
Kochen



- 
4. Wie ist Ihr Niveau an körperlichen Aktivitäten vor der Operation einzuschätzen?
- an den Rollstuhl oder ans Bett gebunden 1
  - überwiegend keine körperliche Aktivitäten 2
  - leichte Arbeiten im Haushalt möglich 3
  - mittlere körperliche Arbeit und sportliche Aktivitäten wie Wandern und Radfahren 4
  - volle körperliche Leistungsfähigkeit ohne Einschränkungen 5
5. Wie sahen Sie angezogen vor der Operation aus?
- sehr schlecht 1
  - schlecht 2
  - zufrieden stellend 3
  - gut 4
  - sehr gut 5
6. Litten Sie in Ruhe unter Rückenschmerzen?
- sehr oft 1
  - oft 2
  - manchmal 3
  - selten 4
  - niemals 5
7. Wie schätzen Sie Ihr Niveau hinsichtlich schulischer und arbeitstätiger Tätigkeiten vor der Operation ein?
- 0% 1
  - 25% 2
  - 50% 3
  - 75% 4
  - 100% 5
8. Welche Arzneimittel, wenn überhaupt, nahmen Sie vor der Operation für Ihren Rücken ein?
- Opioide 1
  - Muskelrelaxantien (Faustan® oder Valium®) 2
  - Steroide (Cortison) 3
  - nicht-steroidales Antirheumatikum (NSAR: Voltaren®, Diclofenac®) 4
  - keine 5

9. Schränkte der Rücken Sie bei Ihren täglichen Aktivitäten vor der Operation im Haus ein?

- ja  1
- nein  2

10. Hatten Sie aufgrund von Rückenschmerzen vor der Operation Schul- oder Arbeitsausfall?

- ja  1
- nein  2

11. Hatten Sie das Gefühl, das Ihr Rückenproblem die persönliche Beziehung zu Freunden und der Familie vor der Operation beeinflusst?

- ja  1
- nein  2

12. Hatten Sie oder Ihre Familie aufgrund der Rückenprobleme finanzielle Schwierigkeiten vor der Operation?

- sehr viele  1
- ein wenig  2
- keine  3

13. Gingen Sie mehr oder weniger aus als Ihre Freunde vor der Operation?

- weniger  1
- gleich  2
- mehr  3

14. Fühlten Sie sich attraktiv vor der Operation?

- nein, nicht sehr attraktiv  1
- nein, überhaupt nicht  2
- weder attraktiv noch unattraktiv  3
- ja, ein bisschen  4
- ja, sehr  5

15. Auf einer Skala von 1 bis 9, wobei 1 sehr niedrig bedeutet und 9 sehr hoch, wie schätzten Sie Ihre persönliche Erscheinung vor der Operation ein?

1    2    3    4    5    6    7    8    9

**ABSCHNITT 2 – Zum Zustand nach der Operation**

16. Hat die Operation der Wirbelsäule Ihre täglichen Aktivitäten verändert?

- vermindert  1
- unverändert  2
- verbessert  3

17. Hat die Operation an der Wirbelsäule Ihre Fähigkeit sich an Hobbies/  
Sport zu erfreuen verändert?

- vermindert  1
- unverändert  2
- erhöht  3

18. Hat die Operation der Wirbelsäule Ihre Rückenschmerzen verändert?

- verstärkt  1
- unverändert  2
- vermindert  3

19. Hat die Operation Ihr Selbstvertrauen in persönlichen Beziehungen mit  
Anderen verändert?

- vermindert  1
- unverändert  2
- verstärkt  3

20. Hat die Operation die Art und Weise wie andere Menschen Sie sehen  
verändert?

- viel schlechter  1
- schlechter  2
- gleich  3
- besser  4
- viel besser  5

21. Hat die Operation Ihre persönliche Erscheinung verändert?

- vermindert  1
- gleich  2
- verbessert  3

22. Sind Sie mit dem Ergebnis der Operation zufrieden?

- sehr unzufrieden 1
- unzufrieden 2
- weder zufrieden noch unzufrieden 3
- zufrieden 4
- sehr zufrieden 5

23. Im Vergleich zu vor der Operation, wie sehen Sie jetzt aus?

- viel schlechter 1
- schlechter 2
- gleich 3
- besser 4
- viel besser 5

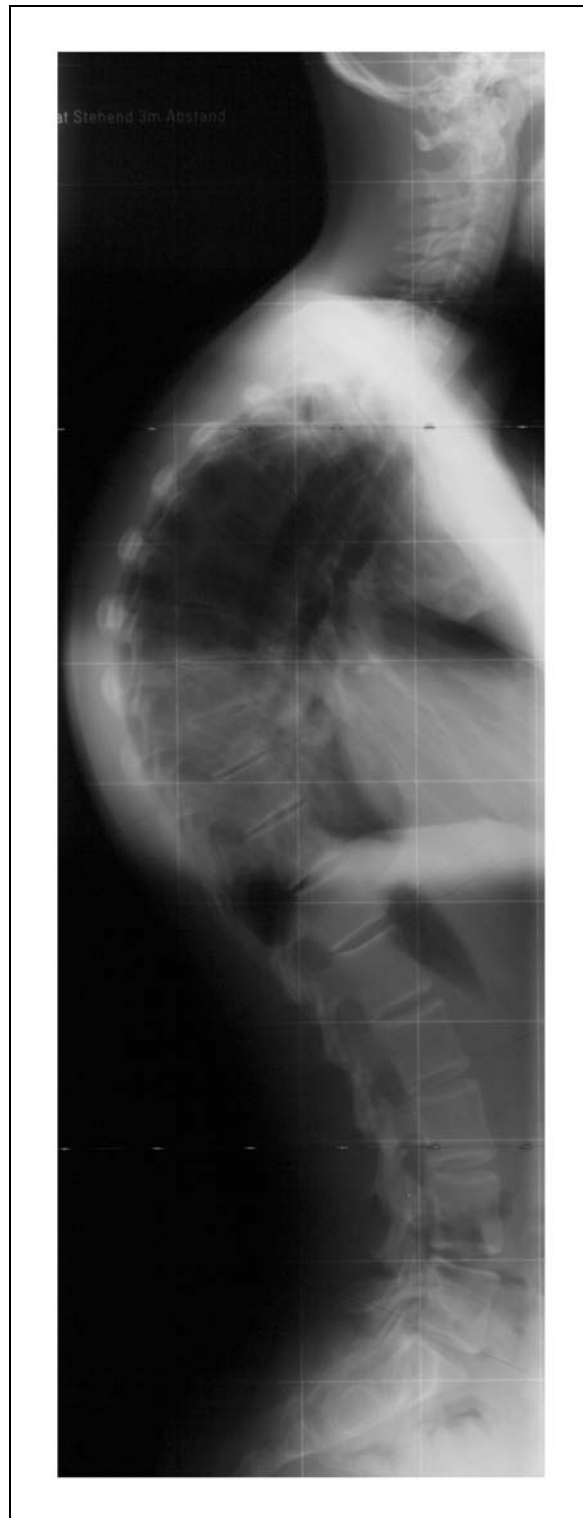
24. Würden Sie sich erneut operieren lassen, wenn Sie die gleiche Erkrankung hätten?

- nein, ganz sicher nicht 1
- nein wahrscheinlich nicht 2
- nicht sicher 3
- wahrscheinlich ja 4
- ja, ganz sicher 5

Vielen Dank für Ihre Mitarbeit.

Ihre behandelnden Ärzte

10.2 Bildmaterialien



**Abbildung 10. 1: (DS) präoperative Scheuermannkyphose von 92°**



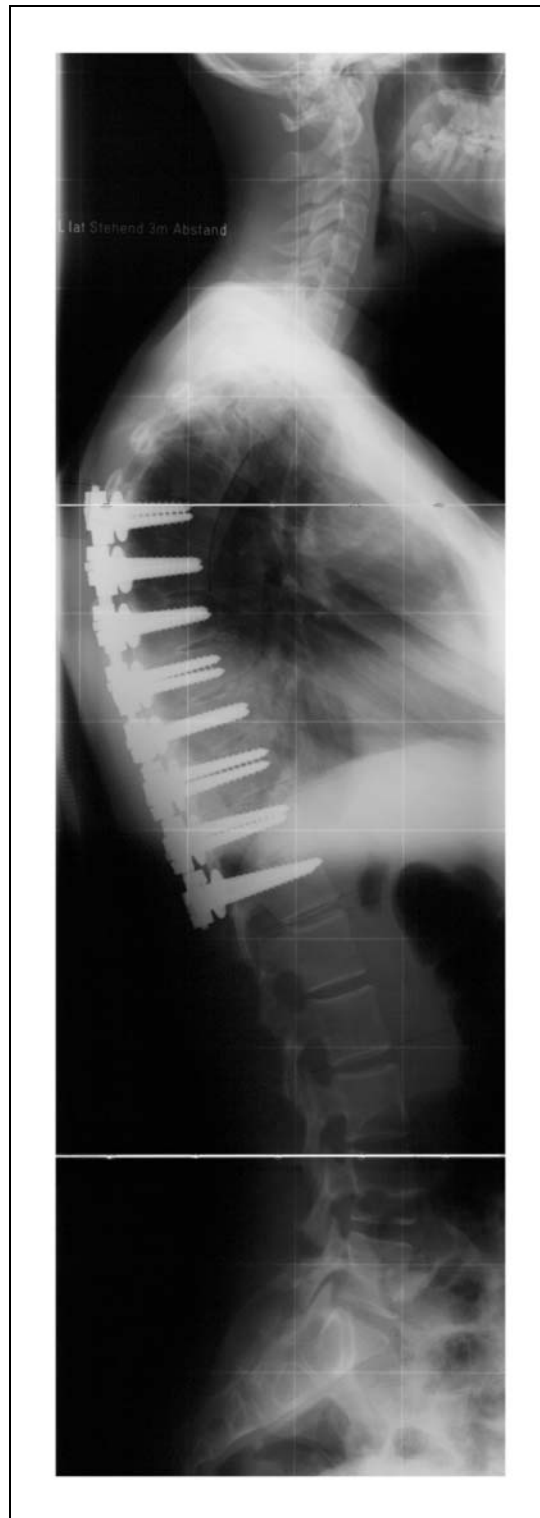
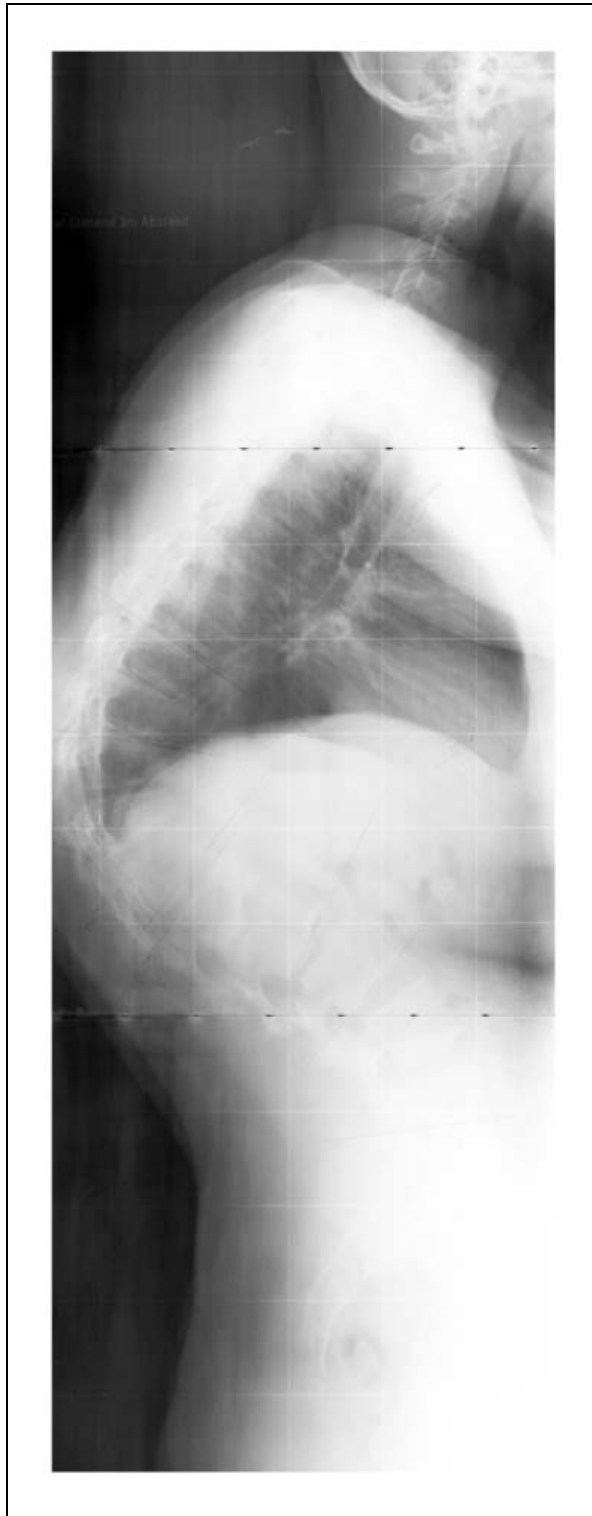


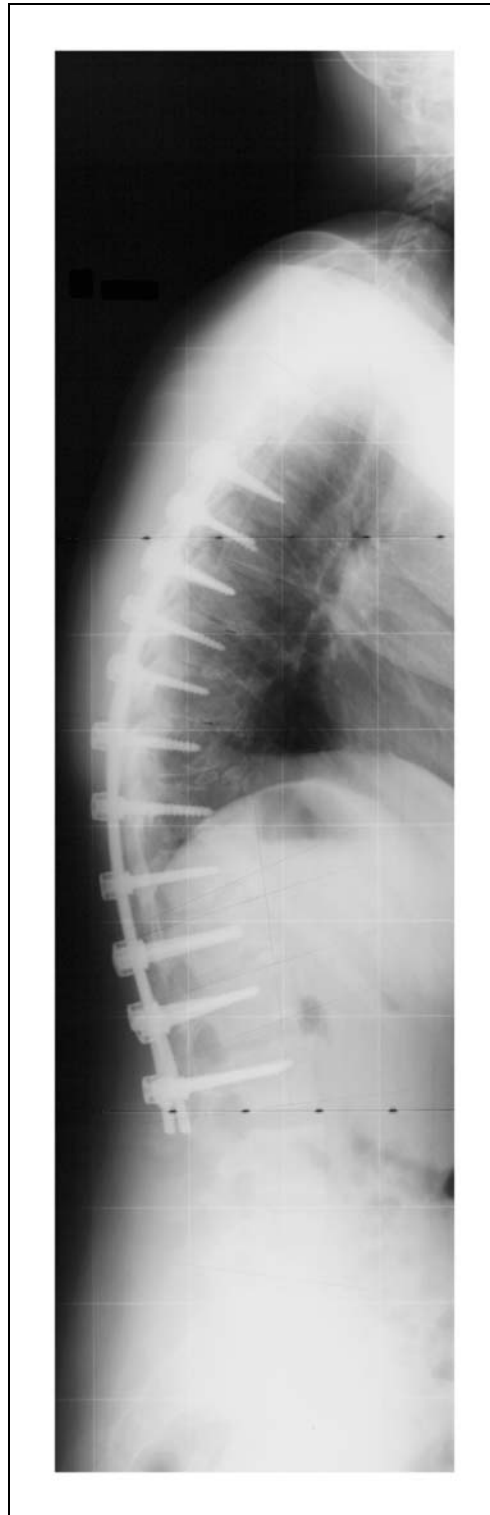
Abbildung 10. 2: (DS) postoperative maximale Kyphose von 64° bei Fusion von T5 – T12



**Abbildung 10. 3: (DS) maximale Kyphose von 87° bedingt durch obere junktionale Kyphose bei Verlaufsuntersuchung 33 Monate postoperativ**



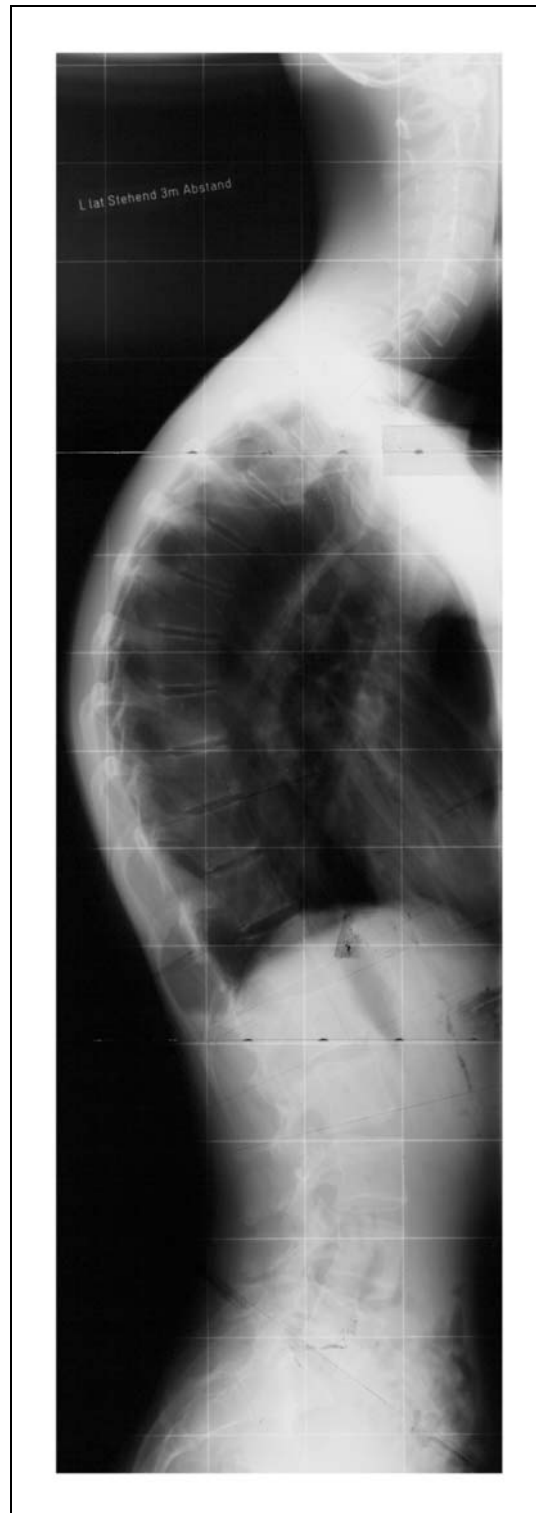
**Abbildung 10. 4: (TM) maximale Kyphose von 104° präoperativ**



**Abbildung 10. 5 (TM) postoperative Kyphose von 49° bei Fusion von T5 – L3**



**Abbildung 10. 6: (TM) Entwicklung einer oberen junctionalen Kyphose von 18° bei gleich bleibendem Korrekturergebnis**



**Abbildung 10. 7: (SC) Scheuermann Kyphose von 77° präoperativ**



Abbildung 10. 8: (SC) postoperative Kyphose von 40° bei Fusion von T3 – L1



**Abbildung 10. 9: (SC) obere junctionale Kyphose von 21° bei Hakeninstrumentation T3 – T4 25 Monate postoperativ**





**Abbildung 10. 10: (HD) Scheuermankyphose von 97° mit Keilwirbelbildung und Schmorl'schen Knötchen**



**Abbildung 10. 11: (HD) postoperatives Ergebnis von 79° bei Fusion von T3 – L2**



**Abbildung 10. 12: (HD) obere junctionale Kyphose von 15° bei erhaltener Korrektur 18 Monate postoperativ**