

C Ergebnisse

1 Auswertungsgruppen

Es erfolgt für die Auswertung eine Einteilung der 35 nachuntersuchten Patienten in drei Auswertungsgruppen, um der unterschiedlichen Morphologie und dem Ausprägungsgrad der Krümmungen idiopathischer Skoliosen Rechnung zu tragen.

Als Grundlage dieser Einteilung dient die von King et al. (57) vorgeschlagene Klassifikation idiopathischer Skoliosen. Diese ist trotz Kritik an ihrer Nachvollziehbarkeit und einiger neuerer in den letzten Jahren entwickelten Klassifikationen nach wie vor die am weitesten verbreitete.

Die Gruppe I wird repräsentiert durch die Gruppe der Typ-I-Skoliosen nach King, deren Hauptkrümmung linkskonvex lumbal verläuft. Es wurden alle dieser Gruppe angehörigen Patienten mit einer lumbalen VDS versorgt.

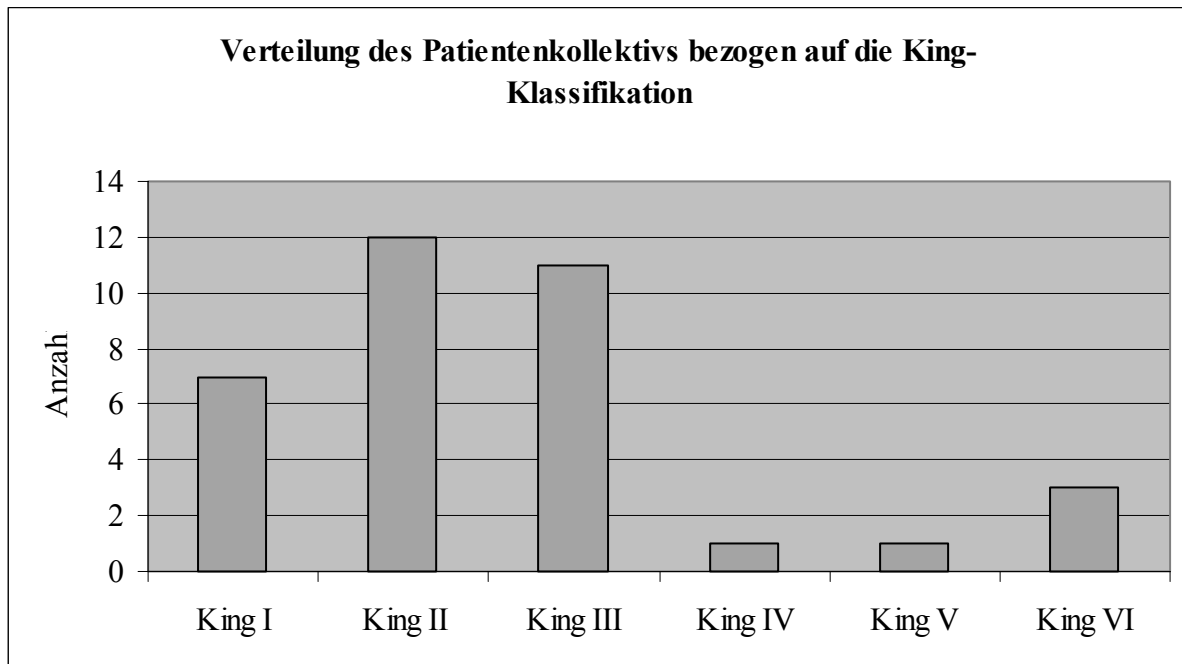
Insgesamt zeigen sich 7 Patienten dieser Gruppe zugehörig.

Die Gruppe II beinhaltet die Typ-II und Typ-VI-Skoliosen nach King. Die Zusammenfassung dieser zwei Kurventypen in eine Gruppe ist aufgrund der morphologischen Ähnlichkeit der Typ-VI-Skoliose, die auch als Double-major curve bezeichnet wird und demnach aus einer thorakalen und lumbalen Hauptkrümmung besteht, mit der Typ-II-Kurve, die ihre Hauptkrümmung im thorakalen Bereich besitzt, gerechtfertigt. Die Versorgung erfolgte in Form einer thorakalen VDS. Insgesamt besteht diese Gruppe aus 15 Patienten.

Die Gruppe III fasst die Typ-III-, IV- und V-Skoliosen nach King zusammen, die allesamt eine thorakale beziehungsweise thorakolumbale Hauptkrümmung besitzen. Im Falle aller dieser drei Kurventypen zeigt sich die lumbale Nebenkrümmung als deutlich schwächer ausgeprägt im Vergleich zur Hauptkrümmung, was eine Subsumierung in eine Auswertungsgruppe rechtfertigt. Die operative Versorgung erfolgte im Falle dieser Kurventypen wie auch in der Gruppe II durch eine thorakale VDS. 13 Patienten gehören dieser Gruppe an.

Im Einzelnen verteilt sich das Patientenkollektiv dieser Studie in folgende Kurventypen nach King entsprechend dem Diagramm Nummer 1.

Diagramm Nr. 1:



Die prozentuale Verteilung des untersuchten Patientenkollektivs von insgesamt 35 Patienten hinsichtlich der King-Klassifikation ergibt demnach folgende Werte:

Auf die Typ-I-Kurve entfallen 20%, auf die Typ-II-Kurve 34,3%, auf die Typ-III-Kurve 31,4%, auf die Typ-IV- und Typ-V-Kurve jeweils 2,9% und auf die Double-major oder auch Typ-VI-Kurve entfallen 8,6% der Patienten.

Ein Vergleich dieser Daten mit der von King im Jahre 1983 anhand der Untersuchung von 405 Patienten mit idiopathischen Skoliosen gewonnenen Daten zeigt weitgehende Übereinstimmung (57). Lediglich die Zahl der Typ-IV- und Typ-V-Kurven, die von King mit einer Häufigkeit von 9 und 12% angegeben wurden, ist in der eigenen Untersuchung mit jeweils 2,9% deutlich geringer, was sich jedoch mit dem relativ kleinen Patientenkollektiv von 35 und dem seltenen Auftreten dieser beiden Kurventypen erklären lässt. Aus diesen Zahlen lässt sich demnach ableiten, dass das operierte Patientenkollektiv eine repräsentative Auswahl unter der Gesamtheit der idiopathischen Skoliosen darstellt.

Ein zusammenfassender Überblick über die Zusammensetzung des Patientenguts in den drei Auswertungsgruppen hinsichtlich Alter zum Operationszeitpunkt, Knochenreife anhand des Entwicklungsstadiums der Darmbeinkammepiphyse nach Risser zum Operationszeitpunkt, des mittleren Alters zum Operationszeitpunkt und der Geschlechtsverteilung wird durch Tabelle Nr. 3 gegeben.

Tabelle Nr. 3:

Patientenzahl, Alter zum Operationszeitpunkt, Risser-Zeichen zum Operationszeitpunkt, mittlerer Nachuntersuchungszeitraum und Anteil männlicher Patienten für Gruppe I-III

	Gruppe I	Gruppe II	Gruppe III
Patientenzahl	7	15	13
Alter zum Operationszeitpunkt in Jahren im Median	18,4	14,8	16,0
Mittleres Entwicklungsstadium der Darmbeinkammapophyse nach Risser zum Operationszeitpunkt	4	3,0	3,2
Mittlerer Nachuntersuchungszeitraum in Monaten nach der VDS	29,5	27,9	25,3
Anteil männlicher Patienten in Prozent	14,3	6,7	7,7

Insgesamt lässt sich an dieser Auflistung erkennen, dass sich die Patientenkollektive der drei Auswertungsgruppen nicht wesentlich unterscheiden. Einzige Auffälligkeit stellt das im Median um zwei Jahre höhere Alter des Patientenkollektivs in Gruppe I dar. Diese Besonderheit lässt sich durch die relativ geringe Patientenzahl von nur 7 in dieser Auswertungsgruppe und durch die Tatsache, dass sich in dieser Gruppe zwei Patienten befanden, die sich erst im Alter von 20,7 beziehungsweise 26,1 Jahren zur Durchführung einer operativen Versorgung ihrer Skoliose entscheiden konnten. Bei Nichtberücksichtigung dieser zwei Sonderfälle in der Berechnung des Durchschnittsalters zum Operationszeitpunkt in der Gruppe I ergäbe sich ein medianes Alter von 14,93 Jahren, welches in etwa dem Operationsalter in Gruppe II und III entspräche.

2 Präoperative konservative Therapien

Durch retrospektive Befragung der Patienten, Auswertung sowohl von Krankenakten als auch von Wirbelsäulenganzaufnahmen in der Frontalebene wurde der Zeitpunkt der Skoliosefeststellung, die bis zum Operationszeitpunkt eventuell durchgeführten konservativen Therapien, die Compliance hinsichtlich dieser Therapien und deren Wirksamkeit ermittelt. Die Beurteilung Wirksamkeit der durchgeführten konservativen Therapiemaßnahmen erfolgte anhand der

Ermittlung der durchschnittlichen jährlichen Progredienz des Cobb-Winkels der Hauptkrümmung.

Einen zusammenfassenden Überblick über die durchgeführten präoperativen Therapien und deren Wirksamkeit gibt Tabelle Nr. 4.

Tabelle Nr. 4:

Präoperativ erfolgte konservative Therapien und Skolioseprogredienz unter den konservativen Therapien für Gruppe I-III

	Gruppe I	Gruppe II	Gruppe III
Mittleres Alter bei Feststellung der Skoliose [Jahre]	10,76	12,67	12,06
Präoperativ durchgeführte Krankengymnastik [Prozent]	85,7	86,7	91,7
Durchschnittliche Dauer der präoperativen Krankengymnastik [Monate]	41,6	26,3	18,8
Präoperative durchgeführte Korsetttherapie [Prozent]	42,9	73,3	66,7
Durchschnittliche Dauer der präoperativen Korsetttherapie [Monate]	34,3	21,4	25,9
Durchschnittliche jährliche Krümmungsprogredienz der Hauptkrümmung unter den konservativen Therapien [Grad nach Cobb]	8,9	7,2	10,7

Wie aus der Tabelle ersichtlich wird, zeigen sich die unterschiedlichen Gruppen hinsichtlich dieser Zahlen als homogen. Die im Durchschnitt in Gruppe I längere Behandlungsdauer bezüglich Krankengymnastik und Korsetttherapie sind durch das im Durchschnitt höhere Alter zum Operationszeitpunkt in dieser Gruppe zu erklären.

Die retrospektive Patientenbefragung hinsichtlich der Patientencompliance in Bezug auf die durchgeführten konventionellen Therapie ergab, dass die im Durchschnitt 2,2 mal wöchentlich durchgeführte Krankengymnastik beinahe ausnahmslos regelmäßig mit guter Compliance durchgeführt wurde.

Ganz andere Ergebnisse lieferte die Ermittlung der Patientencompliance hinsichtlich der Korsetttherapie: Alle Patienten der Gruppe I gaben an, ihr Korsett nur für weniger als 6 Stunden täglich getragen zu haben, was als schlechte Compliance gewertet wurde.

In der Gruppe II gaben nur 4 Patienten (36,4%) an, ihr Korsett wie verordnet 23 Stunden täglich getragen zu haben, wohingegen 6 Patienten (54,6%) eine Tragedauer von weniger als 6 Stunden angaben.

Immerhin 5 Patienten (62,5%) der Patienten in Gruppe III gaben eine gute Compliance an, was einer Tragedauer von 23 Stunden täglich entspricht. Diesen stehen jedoch 2 Patienten (25%) in der Gruppe III gegenüber, die eine schlechte Compliance hinsichtlich der täglichen Korsetttragedauer angaben.

Diese Zahlen bezüglich der Patientencompliance entsprechen weitgehend den in der Literatur hinsichtlich dieses Problems veröffentlichten Zahlen (10), die eine sehr geringe Patientencompliance und eine hohe heimliche Therapieabbruchrate bei Korsettbehandlungen zeigten.

3 Operationbezogene Details

Anhand der Auswertung von Krankenakten, Anästhesieprotokollen und Operationsberichten wurden operationsbezogene Details ermittelt und ausgewertet. Im Einzelnen wurden zur Auswertung herangezogen: Stationäre Verweildauer, Operationsdauer, Verweildauer auf der Intensivstation, postoperative Liegedauer nach beiden Eingriffen, operativer Blutverlust, verabreichte Eigen- beziehungsweise Fremdblutkonserven, Dauer der postoperativen Antibiotikatherapie.

Die hierbei ermittelten Ergebnisse werden in Tabelle Nr. 5 zusammengefasst.

Tabelle Nr. 5:

Operationsbezogene Details für Gruppe I-III

	Gruppe I	Gruppe II	Gruppe III
Stationäre Gesamtverweildauer im Durchschnitt [Tage]	80,6	81,5	69,5
Abstand zwischen VDS und DCS [Tage]	18,4	26,3	23
Operationsdauer VDS [Minuten]	315	261,0	261,9
Operationsdauer DCS [Minuten]	358,6	337,7	318,1
Verweildauer auf der Intensivstation nach VDS [Tage]	3,4	3,9	4,3
Verweildauer auf der Intensivstation nach DCS [Tage]	2,6	2,4	1,9
Postoperative Immobilisierung nach DCS [Tage]	22,6	19,8	21,8
Operativer Blutverlust nach VDS [ml]	710	1178	1019
Operativer Blutverlust nach DCS [ml]	1100	1038	1174
Zahl der transfundierten Eigenblutkonserven	1,14	0,87	1,39
Zahl der transfundierten Fremdblutkonserven	2,71	3,4	2,69
Dauer der postoperativen Antibiotikatherapie nach VDS [Tage]	2,14	1,42	1,92
Dauer der postoperativen Antibiotikatherapie nach DCS [Tage]	2,71	2,0	2,23

Die auffällig deutlich längere durchschnittliche Operationszeit bei der VDS in Gruppe I ist durch den aufwendigeren operativen Zugang zur unteren BWS und LWS in Form einer Thorakophrenolumbotomie zu erklären.

Die im Durchschnitt um 1,2 bis 2,4 Tage längere postoperative Verweildauer auf der Intensivstation nach erfolgter VDS gegenüber der Intensivverweildauer nach erfolgter DCS ist bedingt durch die Notwendigkeit der postoperativen Anlage einer Thoraxdrainage und die Tatsache, dass eine Verlegung auf die periphere Station erst nach Drainagenentfernung erfolgen konnte.

Die kürzere durchschnittliche stationäre Verweildauer der Patienten in Gruppe III mit 69,5 Tagen gegenüber 80,6 und 81,5 Tagen in Gruppe I beziehungsweise II begründet sich unter anderem dadurch, dass sowohl in Gruppe I als auch Gruppe II jeweils ein Patient vertreten

war, der in Form einer 34- und 39-tägigen Halo-Extension zur Lockerung der Skoliose vorbehandelt wurde. Diese präoperative Behandlungsmaßnahme verlängerte somit die durchschnittliche stationäre Verweildauer in diesen beiden Gruppen im Vergleich zur Gruppe III.

4 Krümmungs- und Fusionsstrecke

Die Endwirbel der Primärkrümmung waren in Gruppe I am häufigsten beim 12. Brustwirbel und 4. Lendenwirbel, in Gruppe II und III beim 5. und 11. Brustwirbel lokalisiert. Die Endwirbel der Sekundärkrümmung verteilten sich in Gruppe I zumeist auf den 4. und 11. Brustwirbel, in Gruppe II und III jeweils zumeist auf den 12. Brustwirbel und 4. Lendenwirbel.

Die durchschnittliche Anzahl der ventral und dorsal instrumentierten Wirbelkörper ist in Tabelle Nr.6 aufgelistet.

Tabelle Nr. 6:

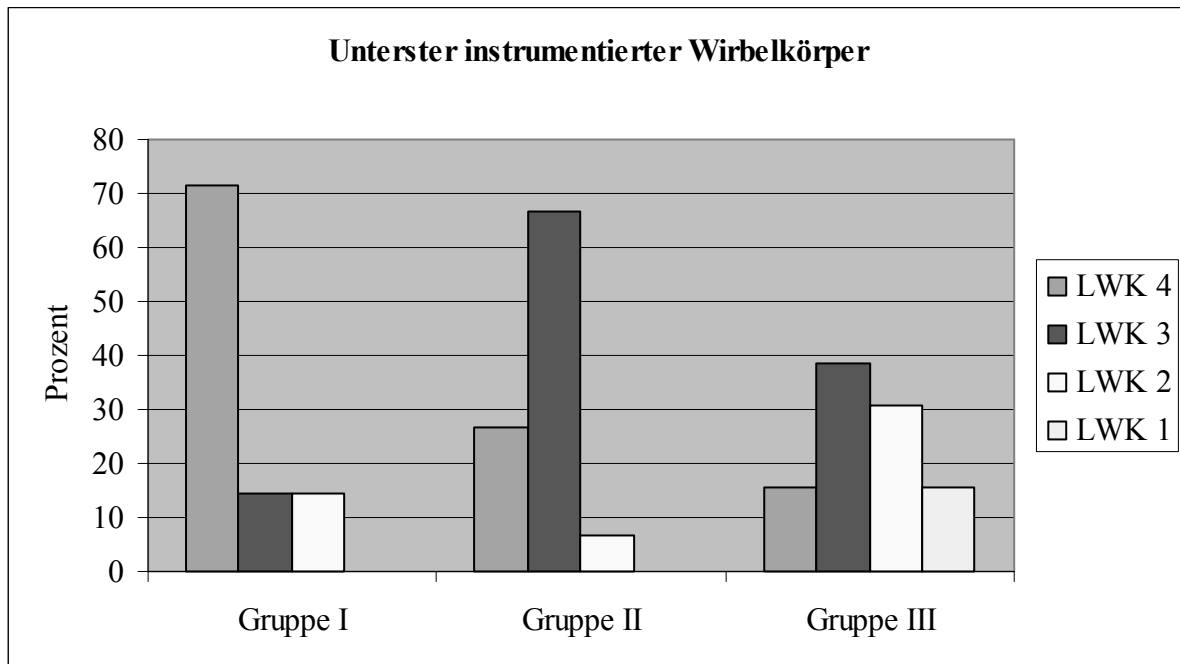
Anzahl der ventral und dorsal instrumentierten Wirbelkörper für Gruppe I-III

	Gruppe I	Gruppe II	Gruppe III
VDS	5,57	6,4	6,46
DCS	12,57	13	12

In Gruppe I wurde ventral meist zwischen dem 11. Brustwirbel und 4. Lendenwirbel instrumentiert, in Gruppe II meist zwischen dem 5. und 11. Brustwirbel und in Gruppe III meist zwischen dem 6. und 11. Brustwirbel.

Dorsal reichte die Instrumentation kranial in allen 3 Gruppen zumeist bis zum 4. Brustwirbel. In Diagramm Nr. 2 erfolgt die graphische Darstellung der Instrumentationsausdehnung im lumbalen Bereich für die einzelnen Gruppen.

Diagramm Nr. 2



Es zeigt sich hierbei, dass insbesondere bei der Patientengruppe I eine Ausdehnung der Instrumentation in den tieferen lumbalen Bereich erfolgte, wohingegen in den übrigen Gruppen eine Instrumentationsausdehnung in diesem Bereich weitestgehend vermieden werden konnte. Insbesondere in der Gruppe III konnte bei nahezu 50% der Patienten auf eine Instrumentation unterhalb von LWK 2 verzichtet werden.

Setzt man die Instrumentationsausdehnung im lumbalen Bereich zum unteren Endwirbel der lumbalen Krümmung in Relation, kann für die Patienten der Gruppe I festgestellt werden, dass bei 5 Patienten (71,43%) die Instrumentation bis zum kaudalen Endwirbel erfolgte, bei jeweils einem Patienten (14,29%) reichte die Instrumentation ein Wirbelkörper kranial beziehungsweise kaudal des unteren Endwirbels der lumbalen Krümmung.

Für die Patienten der Gruppe II konnte in 5 Fällen (33,3%) ein Wirbel kranial des kaudalen Endwirbels und bei 3 Patienten (20%) zwei Wirbel kranial des kaudalen Endwirbels instrumentiert werden. Bei zwei Patienten (13,3%) wurde die Instrumentation jedoch bis einen Wirbelkörper kaudalwärts des unteren Endwirbels ausgedehnt.

In der Gruppe III konnten bei jeweils 5 Patienten (38,46%) ein beziehungsweise zwei Wirbelkörper kranial des unteren Endwirbels instrumentiert werden. Bei einem Patienten (7,6%) dieser Gruppe wurden sogar vier Wirbelkörper oberhalb des unteren Endwirbels instrumentiert.

So war in Gruppe I in 6 Fällen (85,71%), in Gruppe II in 13 Fällen (86,6%) und in Gruppe III in 13 Fällen (100%), also im gesamten Patientenkollektiv bei 32 Patienten (91,4%) eine Einsparung von mindestens einem bis hin zu vier lumbalen Bewegungssegmenten gegenüber einer polysegmentalen hakentragenden Instrumentation zu erreichen.

5 Komplikationen

5.1 Intra- und postoperative Komplikationen

Intraoperative Komplikationen wurden in keinem der Fälle beobachtet.

Bei 2 Patienten der Gruppe I (28,6%), die mit einer lumbalen beziehungsweise thorakolumbalen VDS versorgt worden sind, wurde postoperativ eine vorübergehende Schwächung der Hüftbeugung beobachtet, die sich jedoch zum Nachuntersuchungszeitpunkt nicht mehr reproduzieren ließ.

Bei jeweils zwei Patienten der Gruppe I (28,6%), einem Patienten der Gruppe II (6,7%) und einem Patienten der Gruppe III (7,7%) kam es postoperativ zu einem störenden Sensibilitätsausfall im Bereich der Beckenkammernahmestelle, der sich aber ebenfalls zum Nachuntersuchungszeitraum zurückgebildet hatte.

Postoperativ entwickelte sich nach der dorsalen Instrumentation bei einer Patientin der Gruppe II ein oberflächlicher epifaszialer Wundinfekt, der ohne notwendige Revision sekundär heilte.

Bei jeweils zwei Patienten der Gruppe I (28,6%), vier Patienten der Gruppe II (26,7%) und sechs Patienten der Gruppe III (46,2%) wurden punktionswürdige relevante Pleuraergüsse nach der VDS beobachtet, die jedoch allesamt nach einmaliger Pleurapunktion ohne erneute Anlage einer Pleuradrainage ausheilten. Zu länger dauernder Atelektasenbildung nach der VDS kam es bei einem Patienten der Gruppe III (7,7%).

Bei einer Patientin der Gruppe II kam es bei der dorsalen Instrumentation während der Präparation zu einer Affektion der Pleura parietalis mit postoperativer Entwicklung eines Pneumothorax, der die Anlage einer Bülow-Drainage erforderlich machte, ansonsten aber folgenlos ausheilte.

Eine Patientin der Gruppe II entwickelte postoperativ nach der BWM-Instrumentation eine Pneumonie. In einem Fall kam es in der Gruppe III zu einer allergischen Reaktion mit Entwicklung eines Quincke-Ödems, wahrscheinlich hervorgerufen durch Infusion eines Plas-

maexpanders. Weitere intra-, peri- und postoperative Komplikationen waren im untersuchten Patientenkollektiv nicht zu verzeichnen.

5.2 Implantatbezogene Komplikationen

Bei einer Patientin der Gruppe I (14,3%) kam es zu einem Stabbruch des ventralen 3mm-Ge-windestabes sowie des dorsalen 5mm-Kompressionsstabes, welche radiologisch 36 bzw. 30 Monate postoperativ, also nach erfolgter knöcherner Konsolidierung, festgestellt wurden. In-sgesamt kam es dennoch, bedingt durch die Stabbrüche im lumbalen Bereich, bei dieser Pati-entIn zu einer lumbalen Krümmungsprogredienz von postoperativ 19 auf 26 Grad nach Cobb zum Nachuntersuchungszeitpunkt. Eine Rotationszunahme lumbal von 20 Grad nach Pedriolle auf 25 Grad nach Pedriolle zum Nachuntersuchungszeitpunkt konnte hier ebenfalls ermittelt werden.

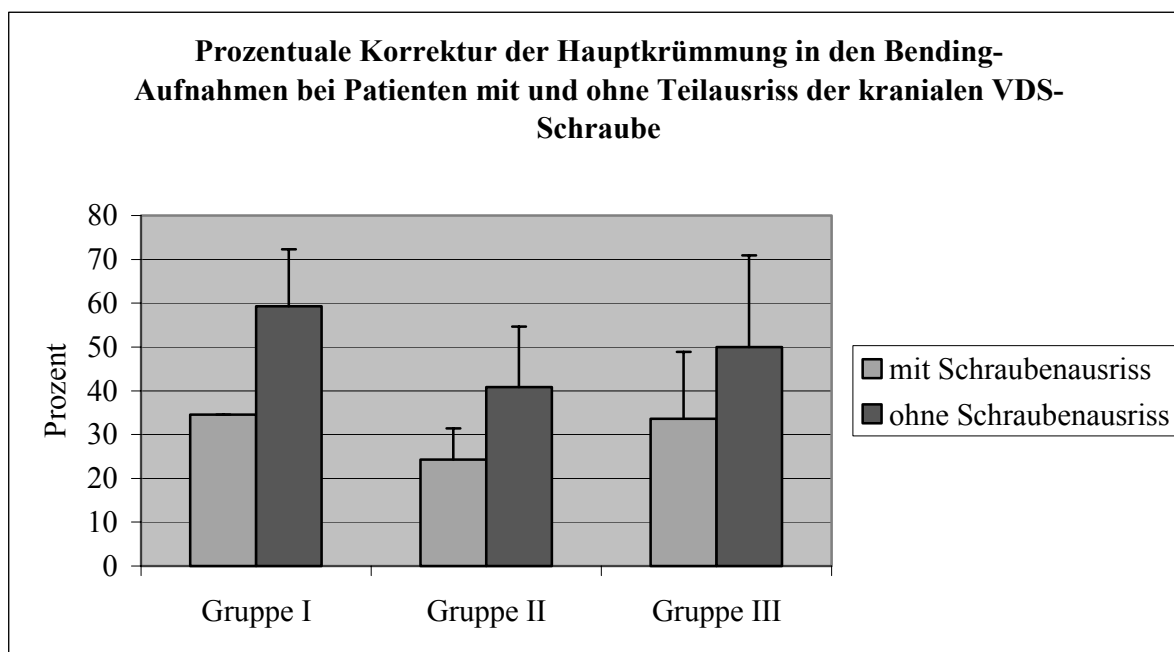
Bei einer Patientin der Gruppe II (6,7%) kam es ebenfalls zu einem 13 Monate postoperativ radiologisch diagnostizierten Bruch des dorsalen 5mm-Kompressionsstabes. Insgesamt war bei dieser Patientin eine Progredienz der lumbalen Krümmung von 22 Grad postoperativ auf 33 Grad nach Cobb zum Nachuntersuchungszeitpunkt in der Frontalebene zu verzeichnen. Daneben war eine geringgradige Rotationszunahme 17 auf 20 Grad nach Pedriolle zu ver-zeichnen.

Beide Patienten bedurften aufgrund der nur geringgradigen Progredienz und der zum Zeit-punkt des Auftretens der Komplikation bereits stattgehabten knöchernen Konsolidierung kei-ner Revisionsoperation. Es handelte sich bei diesen jeweils um Patientinnen, die mit 18,4 Jah-ren und 33,5 Jahren zum Operationszeitpunkt im Vergleich zum Gesamtpatientenkollektiv älter waren und bei denen demnach präoperativ bereits erhebliche strukturelle Veränderungen zu beobachten waren. Diese Tatsache wird durch die in beiden Fällen präoperativ ermittelte niedrigen Flexibilität der lumbalen Krümmung in der Bending-Aufnahme bestätigt. Bei der Patientin in Gruppe I richtete sich die lumbale Krümmung in der präoperativen Bending-Auf-nahme um 46,8% und bei der Patientin in Gruppe II lediglich um 29,3% auf. Im Vergleich mit der durchschnittlichen Aufrichtbarkeit der lumbalen Krümmung in den Bending-Aufnah-men in Gruppe I von 55,8% und in Gruppe II von 56,8% sind diese Werte als unterdurch-schnittlich anzusehen. Es handelte sich demnach in beiden Fällen um Patienten mit besonders rigiden lumbalen Krümmungen.

In einem Fall der Gruppe III (7,7%) kam es 7 Monate postoperativ, also noch zur Zeit der postoperativen Stagnarakorsettnachbehandlung zu einem Bruch einer Pedikelschraube im oberen LWS-Bereich. Da zu diesem Zeitpunkt noch keine vollständige knöcherne Konsolidierung der Spondylodese bestand und es bedingt durch den Schraubenbruch zu einer Progredienz der lumbalen Krümmung in der Frontalebene von postoperativ 22 Grad auf 28 Grad kam, war in diesem Fall eine dorsale Neuinstrumentation erforderlich.

Bei einer Patientin in Gruppe I (14,3%), sechs Patienten der Gruppe II (40%) und sechs Patienten der Gruppe III (46,2%) konnte trotz Eröffnung der Kostotransversalgelenke und Lösung der Rippenköpfchen vor der Korrektur nach der VDS-Instrumentation ein Teilausriss der kranialen VDS-Schraube beobachtet werden, der in Gruppe I lediglich 1,5mm, in Gruppe II 2,75mm und in Gruppe III im Durchschnitt 3,58mm maß. Dieser Ausriss war bei diesem Patientenkollektiv ohne wesentliche klinische Relevanz, unterstreicht jedoch die ausgesprochene Rigidität der entsprechenden Krümmungen. Dies wird durch das Diagramm Nr. 3 bestätigt, in welchem die prozentuale Aufrichtung der Hauptkrümmungen in den präoperativen Bending-Aufnahmen bei Patienten mit und ohne Teilausriss der kranialen VDS-Schraube gegenübergestellt wird.

Diagramm Nr. 3



Es zeigt sich hierbei, dass sich in den präoperativen Bending-Aufnahmen die Hauptkrümmungen der Patienten, bei denen es zum Teilausriss der kranialen VDS-Schraube kam, weniger aufrichten ließen. Daraus ist zu folgern, dass es sich bei Fällen mit Teilausriss der kranialen VDS-Schraube, verglichen mit denen ohne Teilausriss, um Patienten mit im Durchschnitt rigideren Hauptkrümmungen handelte.

6. Klinische Parameter

6.1 Rotationsindex

Als Maß zur Bestimmung der Rumpfsymmetrie wurde der Rotationsindex nach Götze gewählt, da er ein besseres Maß gegenüber der ausschließlichen Angabe des Rippenbuckels beziehungsweise des Lendenwulstes für die sich durch die skoliotische Deformierung ergebende Rotationsdeformität des Rumpfes darstellt (35). Dieser wird in der von Götze angegebenen Weise nach Messung der Höhe des Rippenbuckels beziehungsweise des Lendenwulstes berechnet.

In den Diagrammen Nr. 4 und 5 wird die Größe des thorakalen und lumbalen Rotationsindex präoperativ und zum Nachuntersuchungszeitpunkt gegenübergestellt.

Diagramm Nr. 4

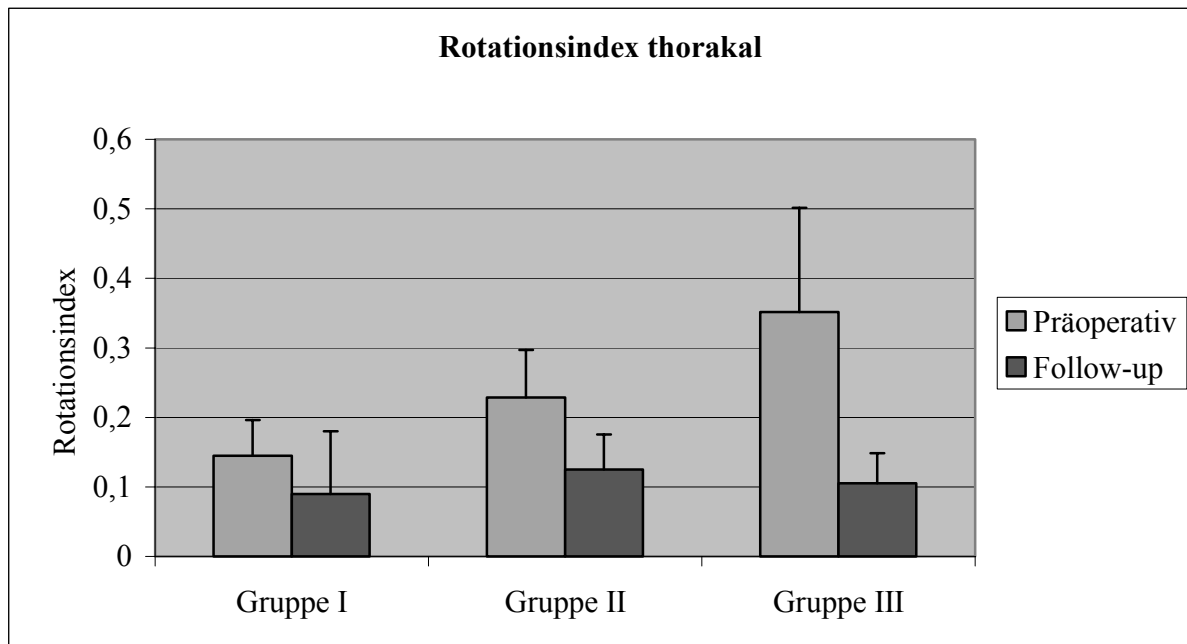
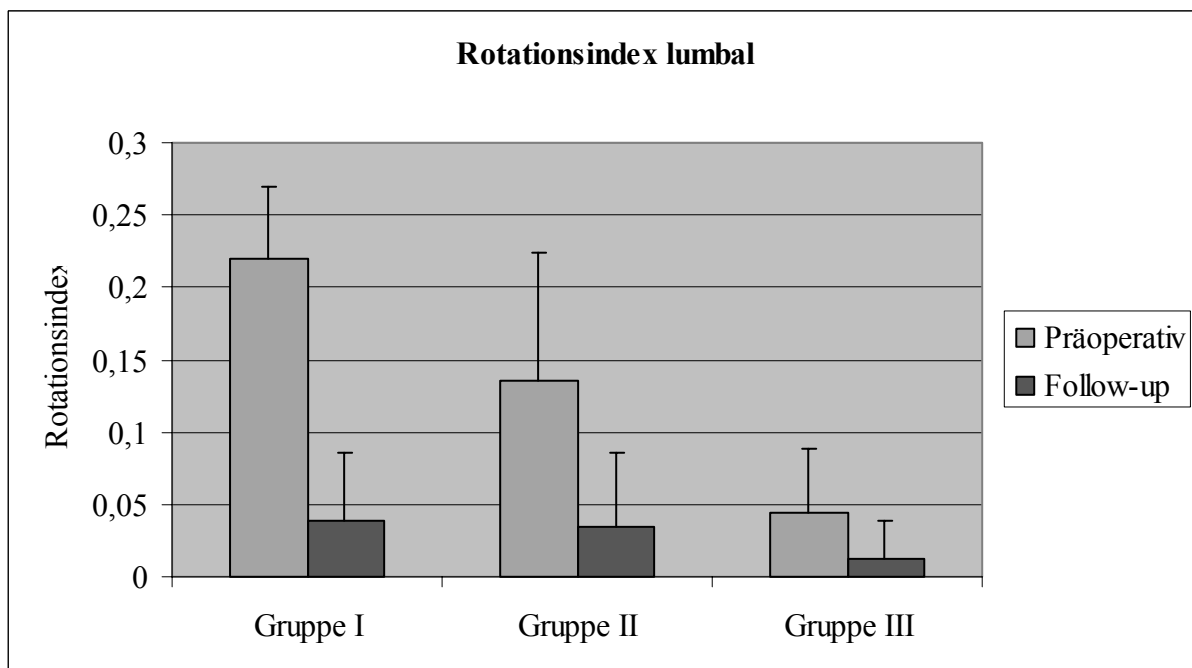


Diagramm Nr. 5



Anhand dieser beiden Diagramme wird deutlich, dass sich durch die ventrale Instrumentation der Hauptkrümmung der lumbale Rotationsindex in Gruppe I um durchschnittlich 82,5%, der

thorakale Rotationsindex in Gruppe II und III um 45,2% beziehungsweise 70,1% verbessern ließ.

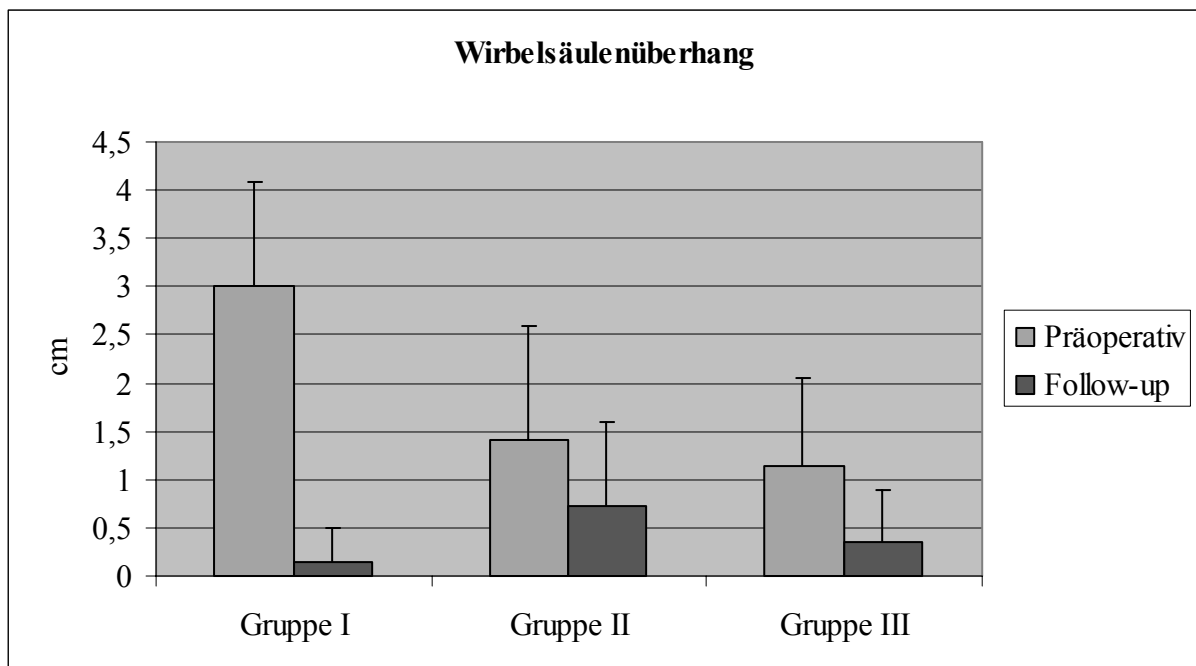
Ebenso konnte die Rumpfsymmetrie im Bereich der lediglich durch die DCS dorsal instrumentierten Nebenkrümmung verbessert werden.

In Gruppe I konnte eine Verbesserung des thorakalen Rotationsindexes von 37,9% gegenüber den präoperativen Werten, in den Gruppen II und III eine Verbesserung des lumbalen Rotationsindexes von 74,7% und 72,2% erzielt werden.

6.2 Wirbelsäulenüberhang

Ein weiteres Maß für die Rumpfsymmetrie stellt der klinisch gemessene Wirbelsäulenüberhang dar, der mit Hilfe eines Lots vom Dornfortsatz des 7. Halswirbels ermittelt wird. Die Größe des Überhangs wird durch die Distanz des Lotes von der Rima ani ermittelt. In Diagramm Nr. 6 wird der durchschnittliche präoperativ gemessene Rumpfüberhang dem zum Nachuntersuchungszeitpunkt ermittelten durchschnittlichen Rumpfüberhang gegenübergestellt.

Diagramm Nr. 6



Es ließ sich insbesondere in der Gruppe I mit einem durchschnittlichen Wirbelsäulenüberhang von 3 cm präoperativ eine erhebliche Reduktion von 95,2% auf nur noch durchschnittlich 0,14 cm Wirbelsäulenüberhang zum Nachuntersuchungszeitpunkt feststellen.

In Gruppe II und III erfolgte eine Verminderung des Wirbelsäulenüberhangs um durchschnittlich 47,6% und 69,6% zum Nachuntersuchungszeitpunkt verglichen mit den präoperativ ermittelten Werten.

In allen drei Gruppen lag der durchschnittliche Wirbelsäulenüberhang zum Nachuntersuchungszeitpunkt deutlich unter einem Zentimeter.

6.3 Schulter- und Beckenschiefstand

Die klinischen Werte für durchschnittlichen Schulter- und Beckentiefstand präoperativ und zum Nachuntersuchungszeitpunkt und die durch die Instrumentation in den 3 Gruppen erreichte prozentuale Verbesserung sind in der folgenden Tabelle Nr. 7 aufgelistet.

Tabelle Nr. 7:

Schulter- und Beckenschiefstand zum präoperativen und Nachuntersuchungszeitpunkt (NU) sowie die jeweilige prozentuale Verbesserung für Gruppe I-III

	Gruppe I	Gruppe II	Gruppe III
Schulter-schiefstand präoperativ [cm]	1,8	0,7	0,82
Schulter-schiefstand NU [cm]	0,5	0,8	0,35
Verbesserung des Schulter-schiefstandes [%]	72,2	-14,3	57,3
Becken-schiefstand präoperativ [cm]	0,75	0,52	0,63
Becken-schiefstand NU [cm]	0,36	0,5	0,1
Verbesserung des Becken-schiefstandes [%]	52	3,8	84,1

6.4 Taillendreiecke

Eine Wiederherstellung der Symmetrie der Taillendreiecke, die präoperativ bei keinem der Patienten vorhanden war, gelang in Gruppe I bei 4 Patienten (57,1%), in Gruppe II bei 13 Patienten (86,7%) und in Gruppe III bei allen 13 Patienten (100%).

6.5 Klinische Untersuchung und Wirbelsäulenbeweglichkeitsmessung

Bei keinem der untersuchten Patienten zeigten sich in der zum Nachuntersuchungszeitpunkt durchgeführten klinisch neurologischen Untersuchung, die die Erhebung eines Reflexstatus', Sensibilitätsprüfungen sowie Kraftprüfungen beinhaltete, Auffälligkeiten.

Bei keinem Patienten war in der ausführlichen Nachuntersuchung Druckschmerzhaftigkeit im Narbenbereich nachweisbar.

Die Nabenverhältnisse waren in allen Fällen reizfrei.

Ebenso war bei keinem Patienten Druck- oder Klopfschmerzhaftigkeit im Bereich der Wirbelsäule festzustellen.

Es traten bei keinem Patienten Probleme oder Schmerzen durch prominente Implantatteile im dorsalen Bereich auf.

Die Beweglichkeitsmessungen der Brust- und Lendenwirbelsäule hinsichtlich Extension und Flexion zeigten bei allen Patienten bedingt durch die Spondylodese deutlich unterdurchschnittliche Werte, führten jedoch in keinem Fall zu Einschränkungen in Beruf, Schule oder Alltagsleben.

Tabelle Nr. 8 illustriert die Wirbelsäulenbeweglichkeit in der Ebene Flexion-Extension anhand des Schober- und Ott-Zeichens zum präoperativen Zeitpunkt sowie zum Nachuntersuchungszeitpunkt.

Tabelle Nr. 8:

Schober- und Ott-Zeichen zum präoperativen Zeitpunkt sowie zum Nachuntersuchungszeitpunkt (NU) für Gruppe I-III

	Gruppe I	Gruppe II	Gruppe III
Schober-Zeichen präoperativ [cm]	14,75	13,7	13,6
Schober-Zeichen NU [cm]	12,5	12,2	12,7
Ott-Zeichen präoperativ [cm]	33,8	33,5	32,2
Ott-Zeichen NU [cm]	31,8	31,5	31,1

7 Sportliche Betätigung

Die Häufigkeit der sportlichen Betätigung postoperativ im Vergleich zum präoperativen Status änderte sich in keiner der Gruppen wesentlich:

In Gruppe I gaben prä- und postoperativ jeweils 3 Patienten (42,9%) an, regelmäßig Sport zu betreiben.

In Gruppe II trieben 8 Patienten (53,3%) präoperativ und 7 Patienten (46,7%) postoperativ nach eigenen Angaben regelmäßig Sport.

In Gruppe III änderte sich mit jeweils 3 sporttreibenden Patienten (23,1%) die Häufigkeit der sportlichen Betätigung im Vergleich präoperativ zu postoperativ nicht.

Die Frage nach einer Einschätzung der postoperativen Sportfähigkeit verglichen mit dem präoperativen Status beantworteten in Gruppe I 5 Patienten (71,4%) mit einer Verschlechterung.

In Gruppe II sahen 4 Patienten (26,7%) ihre Sportfähigkeit verbessert und 5 Patienten (33,3%) ihre Sportfähigkeit gegenüber dem präoperativen Status verschlechtert. 6 Patienten sahen keine Veränderung zum präoperativen Status.

In Gruppe III schließlich änderte sich die persönliche Einschätzung der Sportfähigkeit nicht für 5 Patienten (38,5%). 5 Patienten (38,5%) sahen eine Verschlechterung ihrer Sportfähigkeit und schließlich 3 Patienten (23,1%) bezeichneten ihre Sportfähigkeit als gebessert gegenüber dem präoperativen Status.

8 Beschwerden

In Gruppe I gaben gemäß Diagramm Nr. 7 71,4% der Patienten prä- und postoperativ Rückenschmerzen an, womit sich die Prävalenz von Rückenschmerzen im Vergleich prä- zu postoperativ in dieser Gruppe nicht veränderte. Es war jedoch laut Diagramm Nr. 8 eine Reduktion der Schmerzintensität nach der Schmerzintensitätsskala von Moskowitz und Moe (71) von präoperativ durchschnittlich 2,29 auf postoperativ 1,71 zu erzielen. In dieser Gruppe gaben 2 Patienten postoperativ neu aufgetretene Rückenschmerzen an. Bei diesen beiden Patienten wurde die dorsale Instrumentation kaudal bis auf LWK 4 ausgedehnt. Beide Patienten lokalisierten die Schmerzen in den Lumbalbereich.

In Gruppe II ließ sich die Prävalenz von Rückenschmerzen nur von 53,3% präoperativ auf 46,7% postoperativ reduzieren. Die durchschnittliche Schmerzintensität nach Moskowitz und Moe lag präoperativ bei 2,13 präoperativ, zum Nachuntersuchungszeitpunkt bei 1,60. Ebenso

wie in Gruppe I waren auch in dieser Gruppe zwei Patienten vorhanden, die postoperativ über neu aufgetretene Rückenschmerzen klagten. Bei einem dieser Patienten wurde die Instrumentation bis LWK 4, beim anderen bis LWK 3 ausgedehnt. Beide Patienten beklagten ebenso wie die der Gruppe I über lumbalgiforme Beschwerden.

In Gruppe III hingegen konnte eine deutliche Reduktion der Schmerzprävalenz von präoperativ 75% auf 10% postoperativ erzielt werden. Ebenso ließ sich die durchschnittliche Schmerzintensität von präoperativ 2,6 auf 1,1 postoperativ nach Moskowitz und Moe reduzieren. Kein Patient beklagte sich in dieser Gruppe III über postoperativ neu aufgetretene Rückenschmerzen.

Diagramm Nr. 7

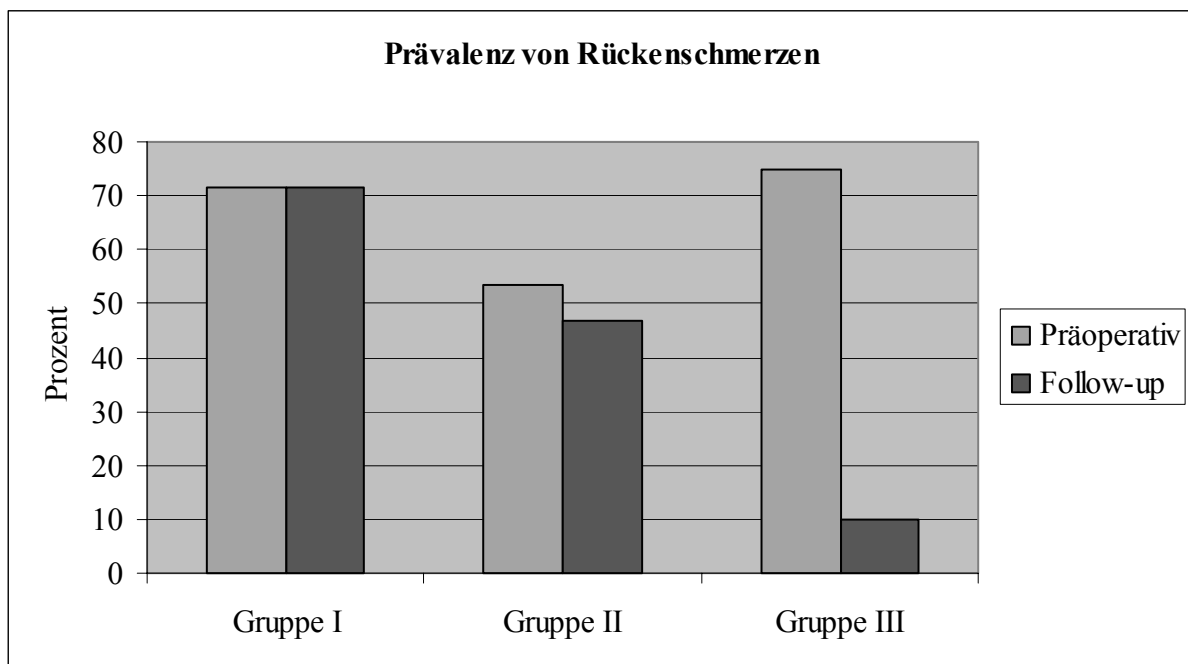
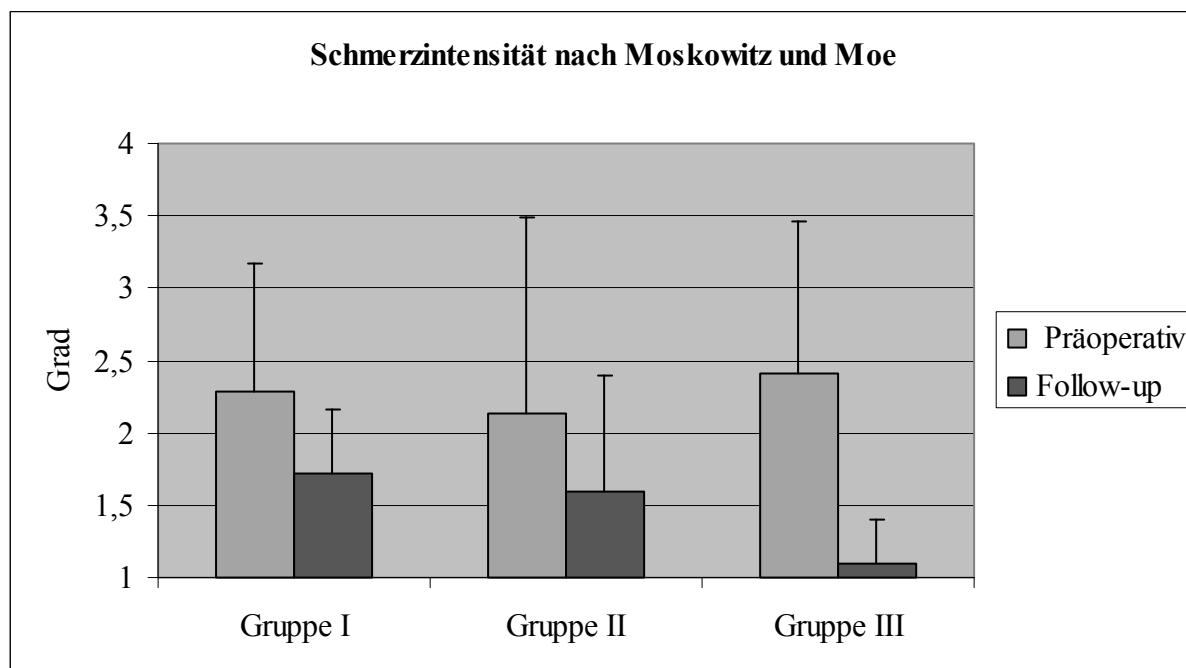


Diagramm Nr. 8



9 Patientenzufriedenheit

Die Ermittlung der Patientenzufriedenheit mit dem Operationsergebnis erfolgte anhand der Frage, ob sich die Patienten erneut einer ventrodorsal kombinierten Aufrichtung und Stabilisierung ihrer Skoliose unterziehen würden. Diese Frage beantworteten 100% der Patienten in allen drei Gruppen positiv.

Die gesonderte Ermittlung der Zufriedenheit mit dem kosmetischen Ergebnis erfolgte über die Einteilung in die Kategorien „gut“, „mittelmäßig“, „schlecht“.

In Gruppe I beurteilten 100% der Patienten das bei ihnen erzielte kosmetische Ergebnis als „gut“ und sahen sich demnach in keiner Weise im Alltagsleben durch dieses eingeschränkt.

In Gruppe II beurteilten 11 Patienten (73,3%) das kosmetische Ergebnis als „gut“, 2 Patienten (13,3%) als „mittelmäßig“ und 2 Patienten (11,3%) als „schlecht“. Die klinischen Korrekturdaten der beiden Patienten dieser Gruppe, die zu einer schlechten Einschätzung des kosmetischen Ergebnisses in ihrer Beurteilung kommen, entsprechen mit 55,4% beziehungsweise 63% Korrektur im Bereich des thorakalen Rotationsindexes und jeweils 100% Korrektur im Bereich des lumbalen Rotationsindexes den in dieser Gruppe bezüglich des Rotationsindexes erreichten durchschnittlichen Korrekturwerten. Ebenfalls die übrigen klinischen Parameter wie Schultertiefstand, Beckentiefstand und Wirbelsäulenüberhang zum Nachuntersuchungs-

zeitpunkt zeigten in beiden Fällen im Vergleich zum Gesamtkollektiv der Gruppe II durchschnittliche bis überdurchschnittliche Werte. Bei beiden Patienten konnte ebenfalls die Tail-lendreiecksymmetrie wiederhergestellt werden. Eine Einschränkung im alltäglichen Leben, bedingt durch das subjektiv als schlecht beurteilte kosmetische Ergebnis, ergab sich jedoch für die beiden Patienten nicht.

In Gruppe III beurteilten 12 Patienten (92,3%) das kosmetische Ergebnis als „gut“, und 1 Patient (7,7%) als „mittelmäßig“.

10 Radiologische Daten

10.1 Frontales Profil

Die prozentuale Aufrichtung der Hauptkrümmung in den präoperativen Bending-Aufnahmen (20) war in allen 3 Gruppen mit durchschnittlich 55,8% in Gruppe I, 34,2% in Gruppe II und 42,4% in Gruppe III ausgesprochen gering (Tabelle 9-11).

Gemäß den Diagrammen Nr. 10 und 11 kam es in Gruppe I durch die VDS zu einer direkten Aufrichtung der Hauptkrümmung von im Mittel $64,4^\circ$ auf $13,4^\circ$, was einer prozentualen Korrektur von 79,2% entspricht.

In Gruppe II konnte durch die VDS die thorakale Hauptkrümmung von durchschnittlich $64,4^\circ$ auf $24,4^\circ$ um 62% aufgerichtet werden.

In Gruppe III erfolgte eine thorakale Aufrichtung von präoperativ $61,5^\circ$ auf $23,5^\circ$ nach der VDS um 61,8%.

Eine indirekte Aufrichtung der durch die VDS nicht instrumentierten Nebenkrümmung konnte in Gruppe I durch die VDS um 34,4% von durchschnittlich $56,9^\circ$ auf $37,3^\circ$ erzielt werden.

In Gruppe II betrug diese Aufrichtung der lumbalen Nebenkrümmung 48,2%, nämlich von $52,3^\circ$ auf $27,1^\circ$, nach der VDS.

In Gruppe III betrug die lumbale indirekte Aufrichtung 56,9% von 36° präoperativ auf $15,5^\circ$ nach der VDS.

Nach erfolgter DCS konnte in Gruppe I die thorakale Nebenkrümmung um durchschnittliche weitere $17,2^\circ$ auf postoperative $20,1^\circ$, die lumbale Hauptkrümmung um weitere $2,3^\circ$ auf $11,1^\circ$ verbessert werden, was in dieser Gruppe postoperativen Korrekturwerten von lumbal durchschnittlich 82,8% und thorakal von 64,7% entspricht, verglichen mit dem präoperativen Ausgangswert.

In Gruppe II betrug diese durch die DCS-bedingte Krümmungsabnahme lumbal $16,3^\circ$ auf postoperative $10,8^\circ$ und im Bereich der thorakalen Hauptkrümmung $9,3^\circ$ auf $15,1^\circ$, was hier eine durchschnittliche prozentuale Korrektur von thorakal $76,6\%$ und lumbal $79,3\%$ bedeutet.

In Gruppe III bewirkte die DCS eine Verbesserung der frontalen Einstellung lumbal von durchschnittlich $5,4^\circ$ auf $10,2^\circ$ und thorakal $7,8^\circ$ auf $15,8^\circ$, wodurch postoperative Korrekturwerte von thorakal von $74,3\%$ und lumbal $71,7\%$, verglichen mit den präoperativen Werten, zu verzeichnen waren.

Tabelle Nr. 9:

Skoliosetyp nach King, Alter zum OP-Zeitpunkt, präoperative Größe von Haupt- und Nebenkrümmung (HK und NK) in Grad nach Cobb, prozentuale Aufrichtung der Hauptkrümmung in den Bending-Aufnahmen, prozentuale Korrektur der Haupt- und Nebenkrümmung zum Nachuntersuchungszeitpunkt (NU), verglichen mit dem präoperativen Wert sowie entsprechender Mittelwert (MW), Median (MED), Minimum (MIN), Maximum (MAX) und Standardabweichung (SW) für Patienten der Gruppe I

Nr.	Typ	Alter [Jahre]	Präop. HK [°]	Präop. NK [°]	Aufrichtung der HK in Bendings [%]	Korrektur HK zum NU [%]	Korrektur NK zum NU [%]
20	1	20,7	60	54	55,0	85,0	44,4
24	1	18,4	51	50	82,4	94,1	54,0
16	1	27,2	84	95	34,5	51,2	48,4
9	1	18,5	62	65	46,8	58,1	46,2
107	1	14,9	98	65	55,1	94,9	81,5
112	1	14,1	52	30	46,2	94,2	83,3
119	1	14,7	44	39	70,5	81,8	97,4
MW		18,4	64,4	56,9	55,8	79,9	65,0
Med.		18,5	60	54	55,0	85,0	54,0
SW		4,2	18,1	19,6	15,0	16,7	20,1
Min.		14,1	44	30	34,5	94,9	44,4
Max.		27,2	98	95	82,4	51,2	97,4

Tabelle Nr. 10:

Skoliosetyp nach King, Alter zum OP-Zeitpunkt, präoperative Größe von Haupt- und Nebenkrümmung (HK und NK) in Grad nach Cobb, prozentuale Aufrichtung der Hauptkrümmung in den Bending-Aufnahmen, prozentuale Korrektur der Haupt- und Nebenkrümmung zum Nachuntersuchungszeitpunkt (NU), verglichen mit dem präoperativen Wert sowie entsprechender Mittelwert (MW), Median (MED), Minimum (MIN), Maximum (MAX) und Standardabweichung (SW) für Patienten der Gruppe II

Nr.	Typ	Alter [Jahre]	Präop. HK [°]	Präop. NK [°]	Aufrichtung der HK in Bendings [%]	Korrektur HK zum NU [%]	Korrektur NK zum NU [%]
18	2	13,9	57	48	10,5	71,9	43,8
19	2	33,2	73	58	20,5	49,3	43,1
41	6	15,5	39	43	33,3	79,5	100
25	2	15,3	66	62	39,4	72,7	80,6
26	2	12,8	72	57	30,6	68,1	66,7
27	2	13,9	86	63	31,4	56,0	52,4
38	2	14,9	49	34	20,4	73,5	100
14	2	19,0	60	49	58,3	73,3	77,6
117	2	16,6	71	55	32,4	84,5	87,3
123	2	13,4	62	48	43,5	85,5	91,7
110	2	17,7	80	64	27,5	65,0	73,4
122	2	14,7	74	47	48,6	87,8	85,1
108	2	14,8	57	45	26,3	80,7	93,3
114	6	14,8	71	61	25,4	90,1	78,7
104	6	14,8	49	50	65,3	91,8	80,0
MW		16,4	64,4	52,3	34,2	75,4	76,9
Med.		14,8	66	50,0	31,4	73,5	80,0
SAW		4,8	12,3	8,3	14,2	11,8	17,7
Min.		12,8	39	34	10,5	56,0	52,4
Max		33,2	86	64	65,3	91,8	100

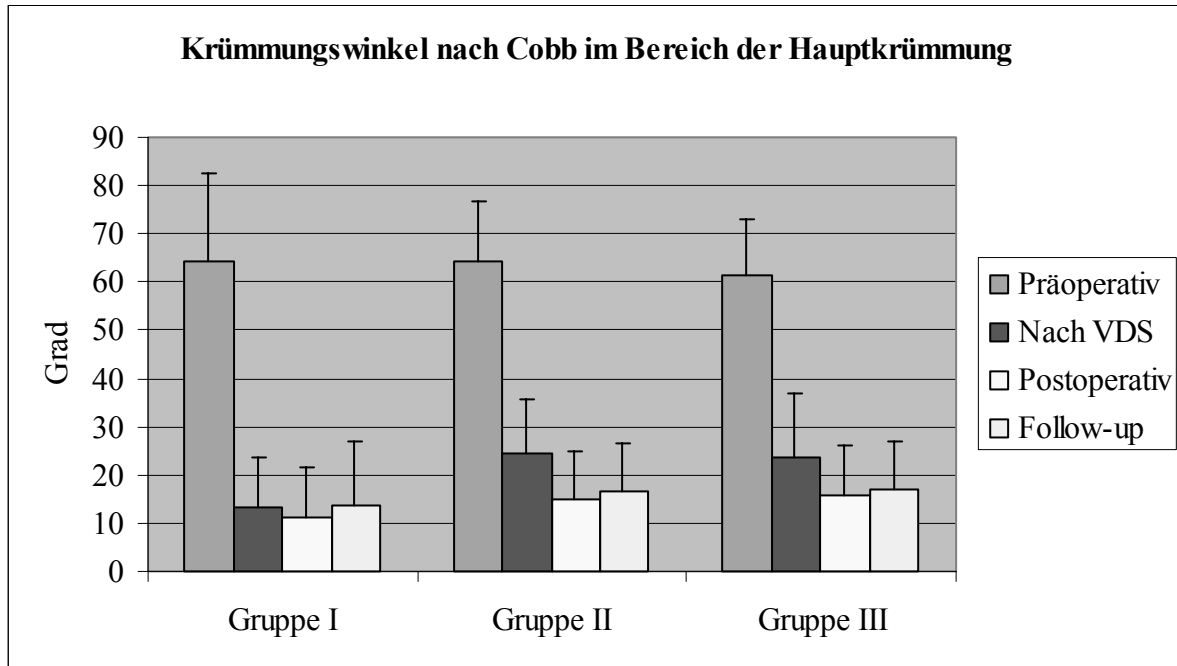
Tabelle Nr. 11:

Skoliosetyp nach King, Alter zum OP-Zeitpunkt, präoperative Größe von Haupt- und Nebenkrümmung (HK und NK) in Grad nach Cobb, prozentuale Aufrichtung der Hauptkrümmung in den Bending-Aufnahmen, prozentuale Korrektur der Haupt- und Nebenkrümmung zum Nachuntersuchungszeitpunkt (NU), verglichen mit dem präoperativen Wert sowie entsprechender Mittelwert (MW), Median (MED), Minimum (MIN), Maximum (MAX) und Standardabweichung (SW) für Patienten der Gruppe III

Nr.	Typ	Alter [Jahre]	Präop. HK [°]	Präop. NK [°]	Aufrichtung der HK in Bendings [%]	Korrektur HK zum NU [%]	Korrektur NK zum NU [%]
23	3	16,2	46	23	26,1	80,4	82,6
22	3	16,0	68	36	35,3	72,1	75,0
12	3	13,1	84	53	20,2	51,2	54,7
46	3	16,9	70	45	34,3	60,0	46,7
115	3	20,2	46	25	67,4	95,7	96,0
106	3	15,4	59	42	54,2	84,7	71,4
121	3	17,6	69	37	23,2	66,7	43,2
109	4	17,9	66	42	13,6	75,8	97,6
102	3	14,8	73	45	39,7	74,0	62,2
118	3	14,6	49	24	77,6	89,8	100
103	5	14,6	60	37	75,0	60,0	29,7
113	3	39,3	46	27	52,2	78,3	88,9
111	3	13,9	64	32	32,8	76,6	96,9
MW		17,7	61,5	36	42,4	74,2	72,7
Med.		16,0	64	37	35,3	75,8	75
SAW		6,5	11,5	9,0	0,2	12,0	22,7
Min		13,1	46	23	13,6	51,2	29,7
Max		39,3	84	53	77,6	89,8	100

In den Diagrammen Nr. 9 und 10 wird die durchschnittliche Größe des Krümmungswinkels nach Cobb von Haupt- und Nebenkrümmung im Verlauf präoperativ bis zum Nachuntersuchungszeitpunkt (Follow-up) in den drei Gruppen graphisch dargestellt.

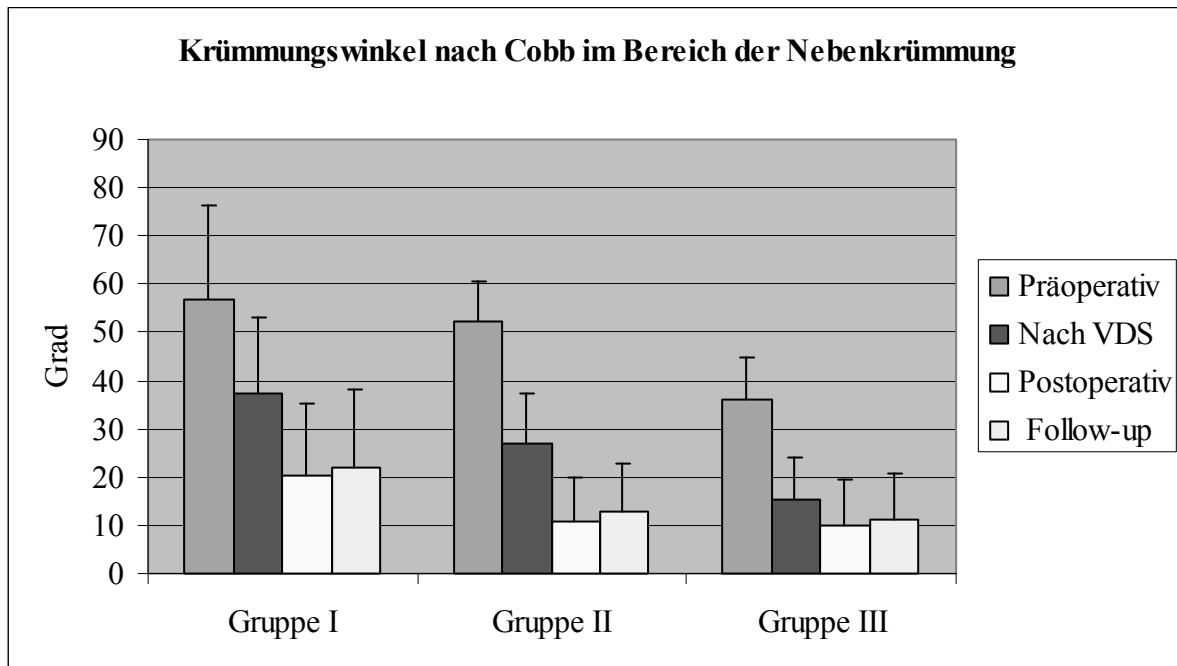
Diagramm Nr. 9



Dieses Diagramm zeigt, dass durch die zusätzliche dorsale Instrumentation der bereits ventral instrumentierten Hauptkrümmung das gute Korrekturergebnis der Hauptkrümmung insbesondere in Gruppe II und III eine zusätzliche deutliche Verbesserung erfahren hat.

In Gruppe II betrug diese Verbesserung $9,3^\circ$ und in Gruppe III $7,8^\circ$ gegenüber dem Zustand nach der VDS. Diese weitere Reduktion der Größe der Hauptkrümmung ist Ausdruck einer weiteren Horizontalisierung des kranialen Enwirbels, welche durch die dorsale Instrumentation erreicht werden konnte.

Diagramm Nr. 10



In den folgenden Diagrammen Nr. 11 bis 17 erfolgt für die Patienten der einzelnen Gruppen eine Einzeldarstellung der Entwicklung des Cobb-Winkels für die Haupt- und Nebenkrümmung vom präoperativen Zeitpunkt bis zum Nachuntersuchungszeitpunkt.

Diagramm Nr. 11

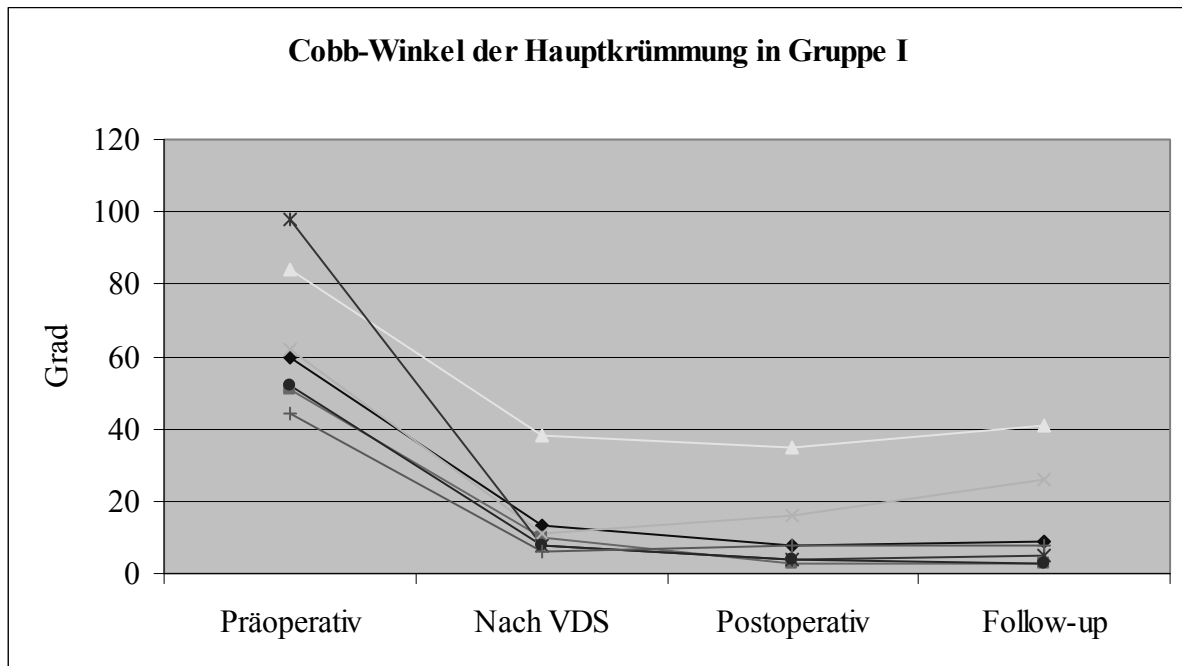


Diagramm Nr. 12

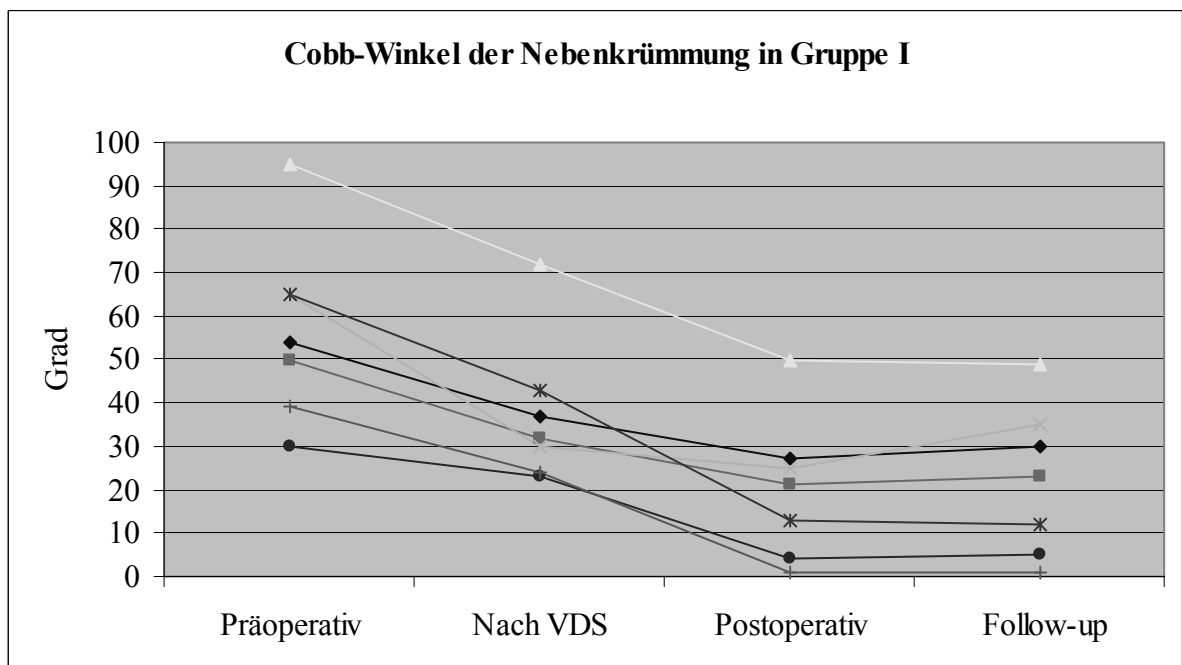


Diagramm Nr. 13

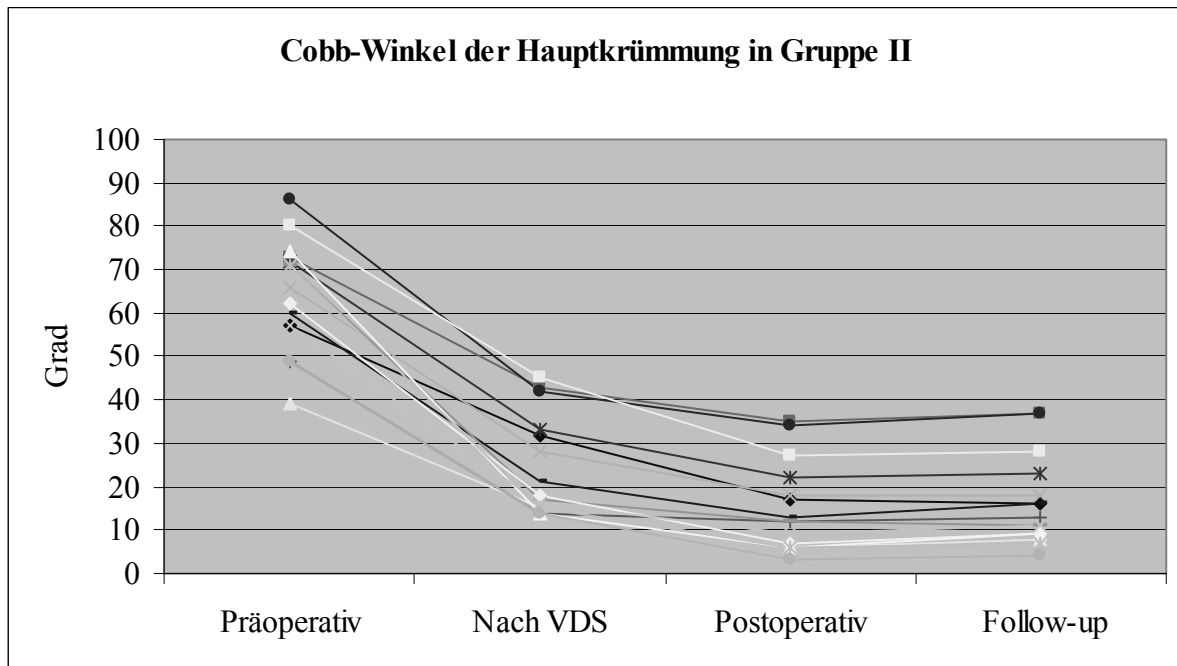


Diagramm Nr. 14

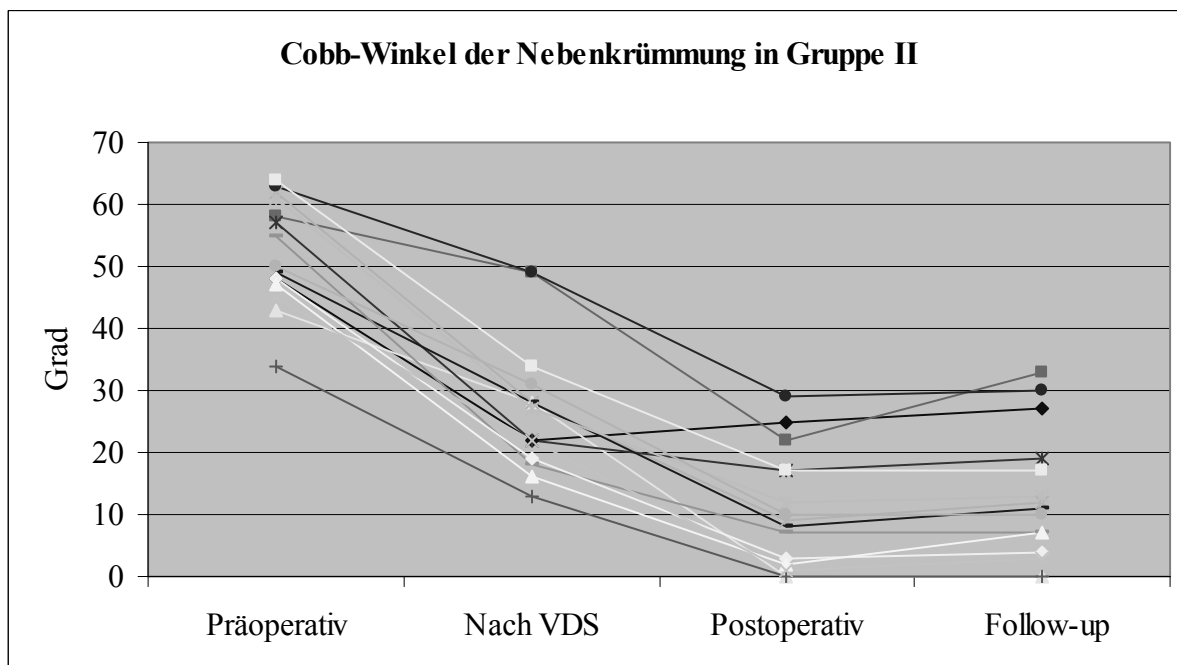


Diagramm Nr. 15

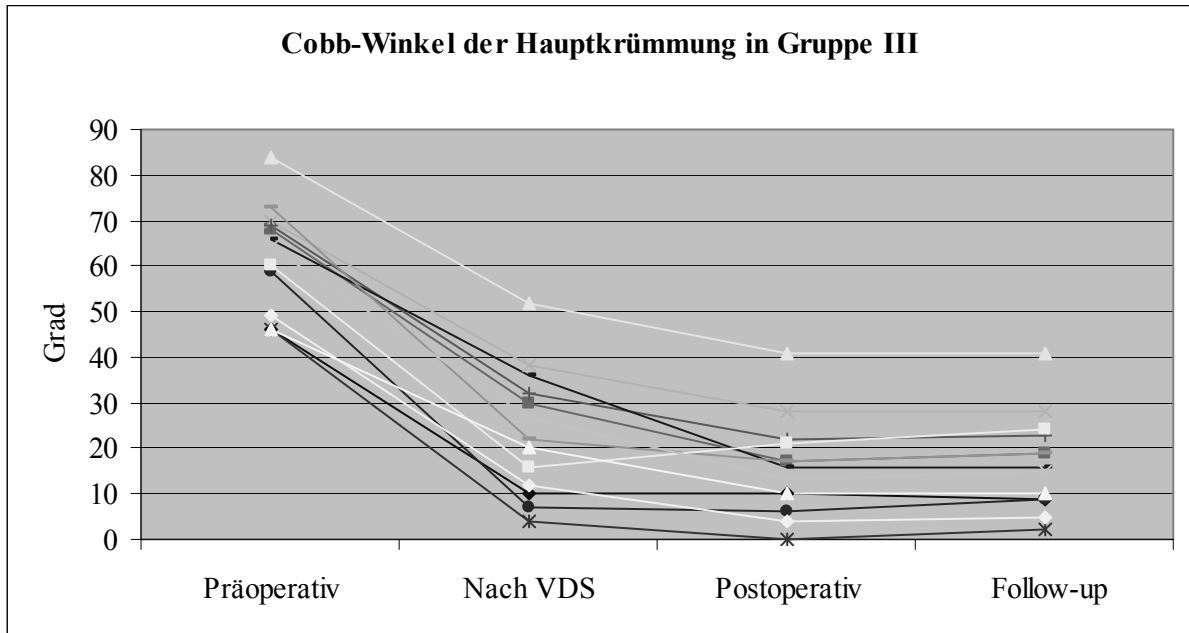
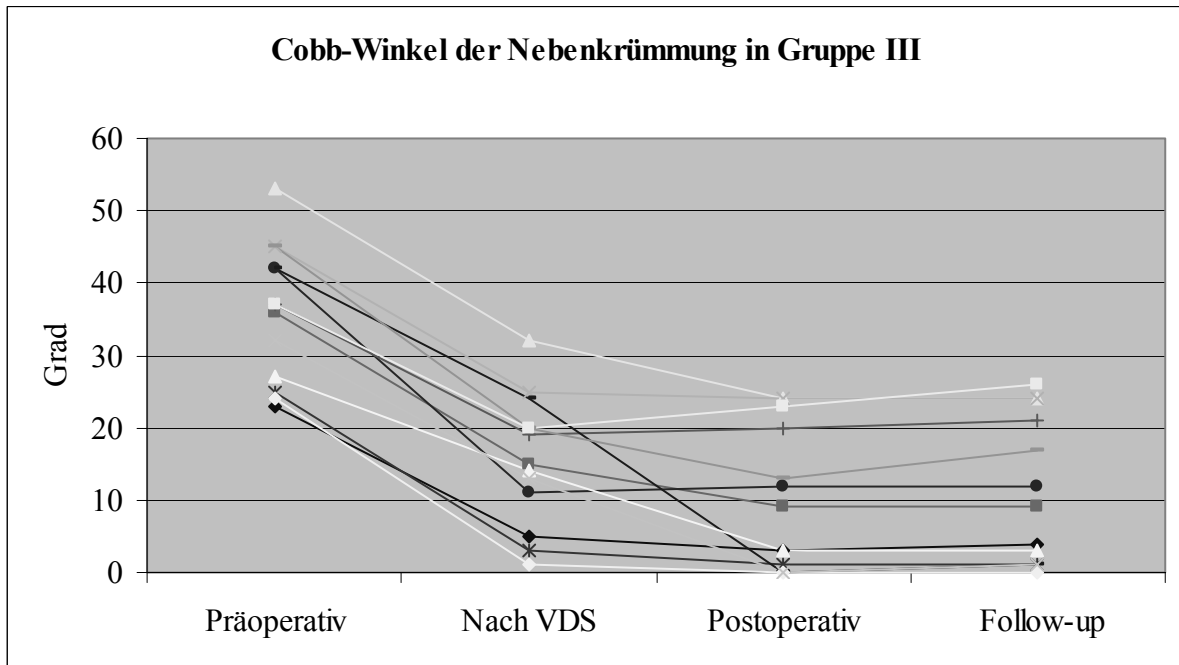


Diagramm Nr. 16



10.2. Tilt

Zu jedem Untersuchungszeitpunkt erfolgte eine Messung des Tilts, der als Winkel der Grundplatte des untersten instrumentierten Wirbels gegenüber der Beckenachse definiert wurde.

Eine Auflistung der durchschnittlichen Tilt-Werte in den einzelnen Gruppen zu den unterschiedlichen Untersuchungszeitpunkten erfolgt in Tabelle Nr. 12.

Tabelle Nr. 12:

Mittelwert (MW), Median (Med.) und Standardabweichung (STAW) der Tilt-Werte in Grad jeweils präoperativ (Präop), postoperativ (Postop) und zum Nachuntersuchungszeitpunkt (NU)

	Tilt Gruppe I			Tilt Gruppe II			Tilt Gruppe III		
	Präop	Postop	NU	Präop	Postop	NU	Präop	Postop	NU
MW	28,4	3,3	5,6	14,7	4,9	4,3	9,2	2,5	3,5
Med.	31	2	4	15	4	3	7	2	2
STAW	5,3	2,6	3,5	7,7	3,3	4,5	6,7	2,2	2,2

Die mittlere Verbesserung der Tiltwerte zum postoperativen Zeitpunkt betrug demnach in Gruppe I 80,3%, in Gruppe II 66,7% und in Gruppe III 62%. Es war ein durchschnittlicher geringgradiger Korrekturverlust von 2,3° in Gruppe I und von 1° in Gruppe III vom postoperativen Zeitpunkt bis zum Nachuntersuchungszeitpunkt zu verzeichnen.

Eine graphische Einzeldarstellung der Entwicklung der Tilt-Werte für die einzelnen Patienten in Gruppe I-III erfolgt in den Diagrammen Nr. 17-19.

Diagramm Nr. 17

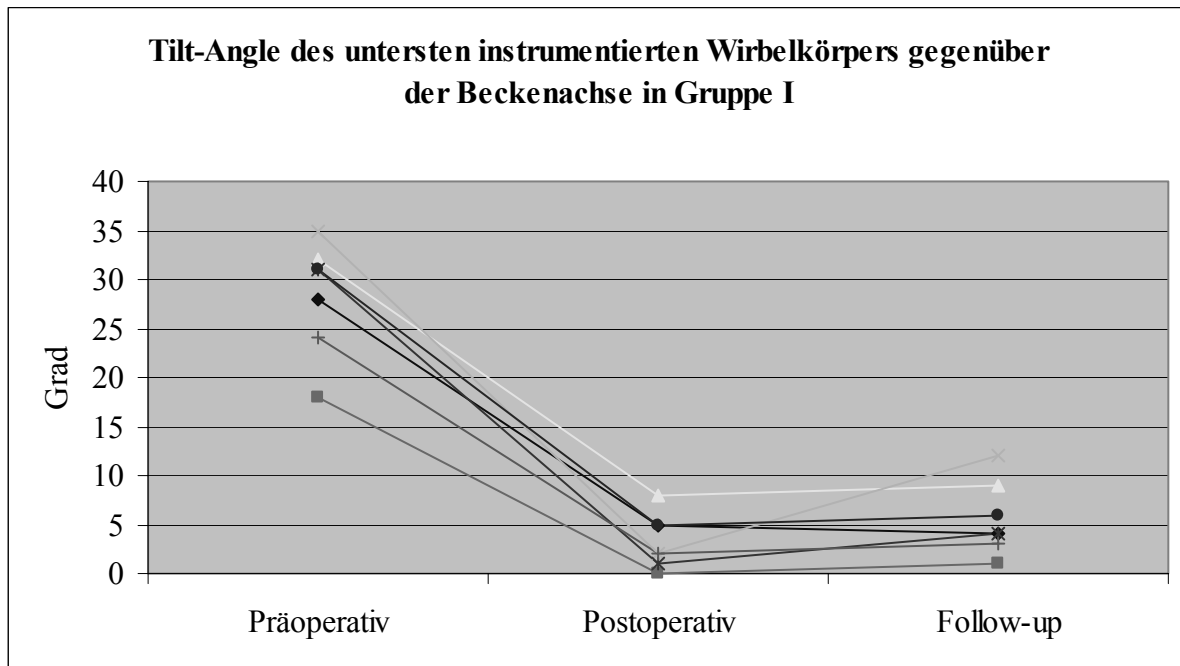


Diagramm Nr. 18

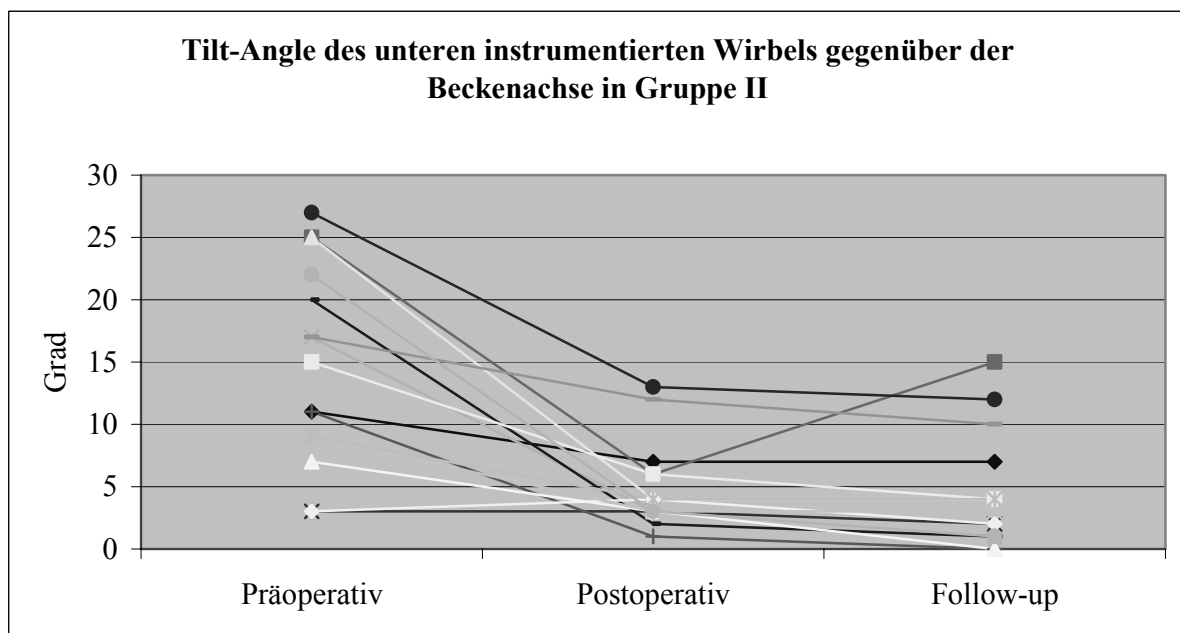
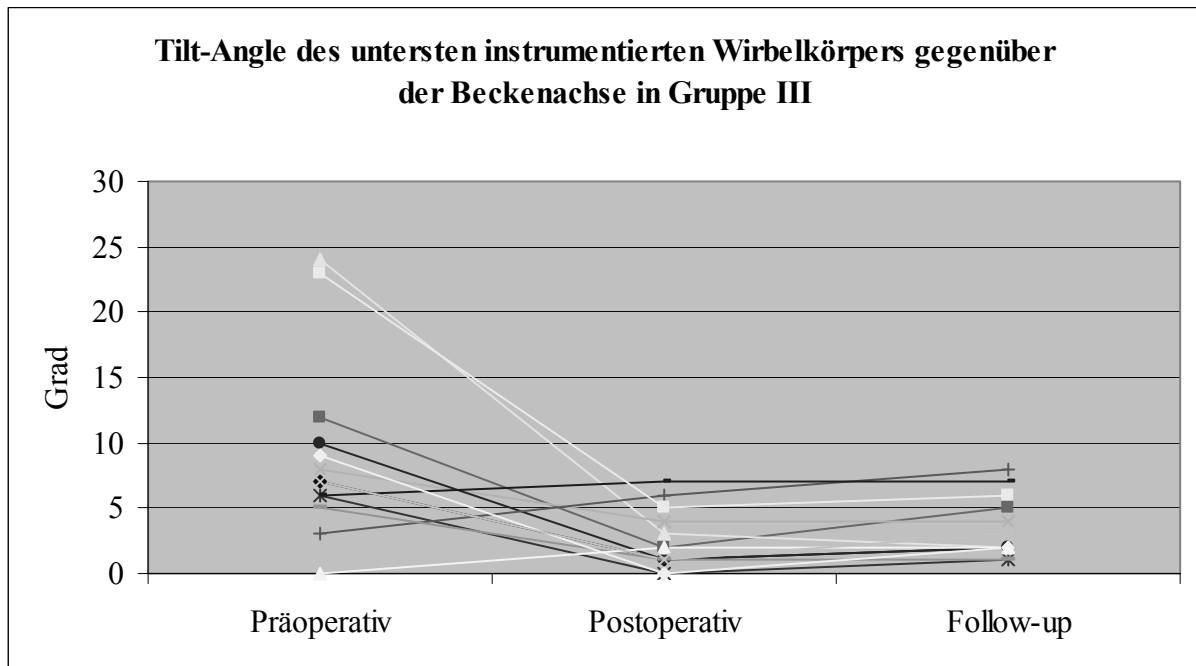


Diagramm Nr. 19



Es wird durch die Diagramme ersichtlich, dass die Tilt-Werte zum Nachuntersuchungszeitpunkt in Gruppe I bei 3 Patienten oberhalb von 5° und bei einem Patienten oberhalb von 10° zum Nachuntersuchungszeitpunkt lagen.

In Gruppe II waren bei 3 Patienten zum Nachuntersuchungszeitpunkt Tilt-Werte größer als 5° , bei keinem Patienten jedoch Werte größer als 8° zu messen. Gruppe III mussten jedoch bei 2 Patienten Werte von größer als 10° gemessen werden.

10.3 Korrekturverlust in der Frontalebene

Die Aufschlüsselung der Korrekturverluste in der Frontalebene vom postoperativen im Korsett gemessenen Wert bis zum aktuellen Wert in den einzelnen Gruppen ist in Tabelle Nr. 13 dargestellt.

Tabelle Nr. 13

Jeweiliger Mittelwert (MW), Median (Med.), Standardabweichung (STAW), Minimum (Min.), Maximum (Max.) des Korrekturverlusts von Hauptkrümmung (HK), Nebenkrümmung (NK) und des Tilts für Gruppe I (I), Gruppe II (II) und Gruppe III (III)

	Korrekturverlust HK			Korrekturverlust NK			Korrekturverlust Tilt		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III
MW	2,42	2,29	1,15	2	2,07	0,85	2,29	-0,6	0,92
Med.	1	1	1	1	1	0	1	-1	1
STAW	3,74	3,33	1,23	3,55	2,77	1,23	3,33	2,75	1,07
Min.	-1	-1	-1	-1	0	0	-1	-3	-1
Max.	10	10	3	10	11	4	10	9	3

Die mittlere Dauer zwischen den postoperativ erhobenen und den aktuellen Werten betrug in Gruppe I 29,4 Monate, in Gruppe II 26,9 Monate und in Gruppe III 23,8 Monate.

Bei insgesamt zwei Patienten in Gruppe I und bei einem Patient in Gruppe II konnten Korrekturverluste von mehr als 5° im überschauten Zeitraum ermittelt werden.

In zwei dieser drei Fälle konnten als Ursache des Korrekturverlusts Stabbrüche im Bereich des kurzen 5mm-BWM-Stabs festgestellt werden. Diese Stabbrüche führten bei der Patientin der Gruppe I zu einem Korrekturverlust von jeweils 10° im Bereich der Hauptkrümmung, Nebenkrümmung und des Tilts.

Bei der Patientin der Gruppe II ergab sich als Folge des Stabbruches ein thorakaler Korrekturverlust von 6°, lumbal von 11° und im Bereich des Tiltes von 9°.

Der verbleibende Patient der Gruppe I, der mehr als 5° Korrekturverlust im frontalen Profil hatte, zeigte lediglich einen lumbalen Korrekturverlust von 6° bei stabilen Werten thorakal und stabilen Tilt-Werten. Dieser Patient wurde im Vergleich zu den anderen nachuntersuchten Patienten mit 27 Jahren zu einem sehr späten Zeitpunkt operiert und wies zum Operationszeitpunkt mit 95° und 84° Krümmungswinkeln im Bereich von Haupt- und Nebenkrümmung eine sehr ausgeprägte und rigide Skoliose auf.

10.4 Sagittales Profil

Im sagittalen Profil wurde die thorakale Kyphose zwischen der Deckplatte des 4. Brustwirbels und Grundplatte des 12. Brustwirbels, der thorakolumbale Übergang zwischen der Deckplatte des 10. Brustwirbels und der Grundplatte des 2. Lendenwirbels und die lumbale Lordose zwischen der Deckplatte des 1. Lendenwirbels und der Basis des Sakrums gemessen.

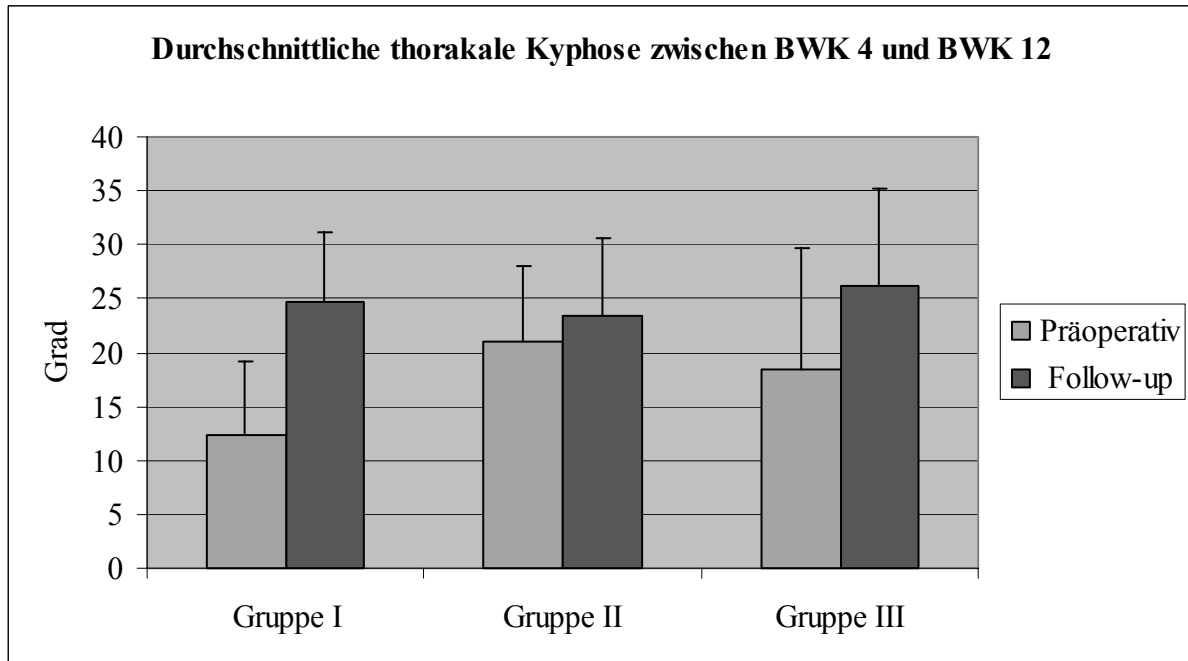
Als Normwerte gelten anlehnend an Untersuchungen von Stagnara et al. (84) und Bernhardt et al. (9) sowie in Übereinstimmung mit anderen Autoren (42) für die thorakale Kyphose Winkel zwischen 20-40°, für den thorakolumbalen Übergang Winkel zwischen 10° Kyphose und 10° Lordose und für die lumbale Lordose Winkel zwischen 30-55°, gemessen nach der Methode nach Cobb.

In keinem Fall wurde im Bereich des sagittalen Profils im überschauten Nachuntersuchungszeitraum ein Korrekturverlust beobachtet.

10.4.1 Thorakale Kyphose

Eine Darstellung der mittleren thorakalen Kyphose zum präoperativen Zeitpunkt und zum postoperativen Nachuntersuchungszeitpunkt erfolgt in Diagramm Nr. 20.

Diagramm Nr. 20



Es wird ersichtlich, dass insbesondere in Gruppe I das thorakale sagittale Profil deutlich verbessert werden konnte. Die präoperativ in dieser Gruppe bestehende Hypokyphose von 12,4° konnte durch die dorsale Instrumentation auf durchschnittliche 24,7° zum Nachuntersuchungszeitraum in den physiologischen Bereich eingestellt werden.

Ebenso in Gruppe III konnte eine Verbesserung der thorakalen Einstellung von präoperativ gemessenen mittleren 18,4° auf 26,2° zum Nachuntersuchungszeitpunkt durch die Instrumentation erreicht werden.

Eine Einzelbetrachtung der Entwicklung der thorakalen Kyphose zum Nachuntersuchungszeitpunkt gegenüber dem präoperativen Status für die einzelnen Patienten der Gruppen I-III erfolgt in den Diagrammen Nr. 21-23.

Diagramm Nr. 21

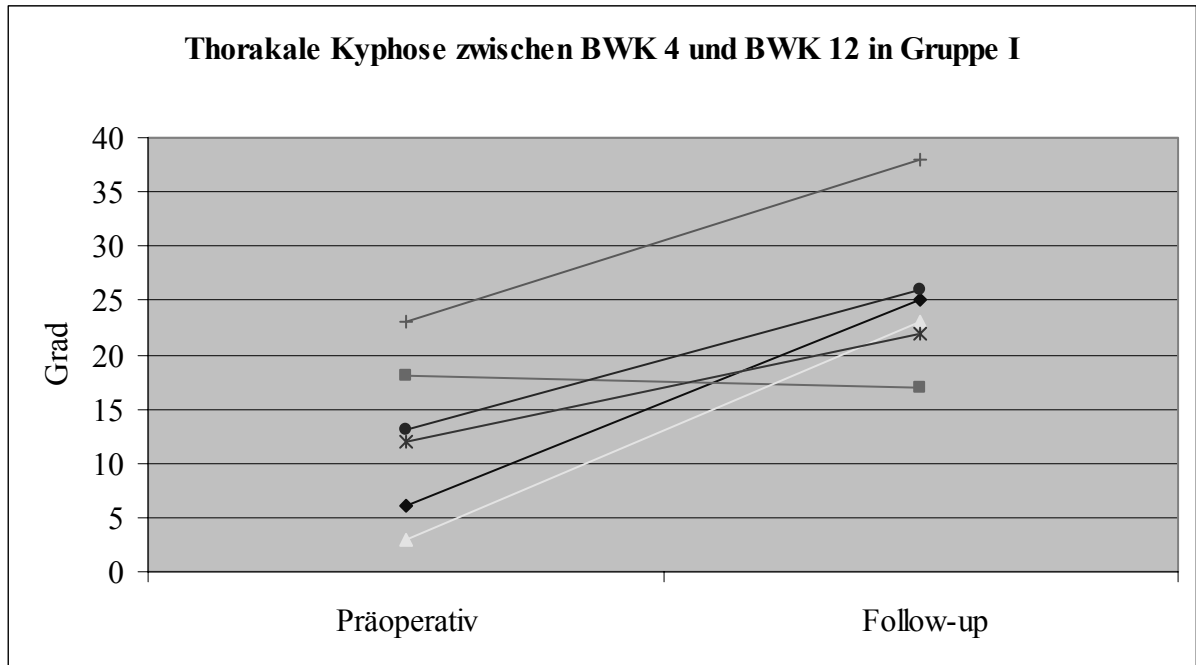


Diagramm Nr. 22

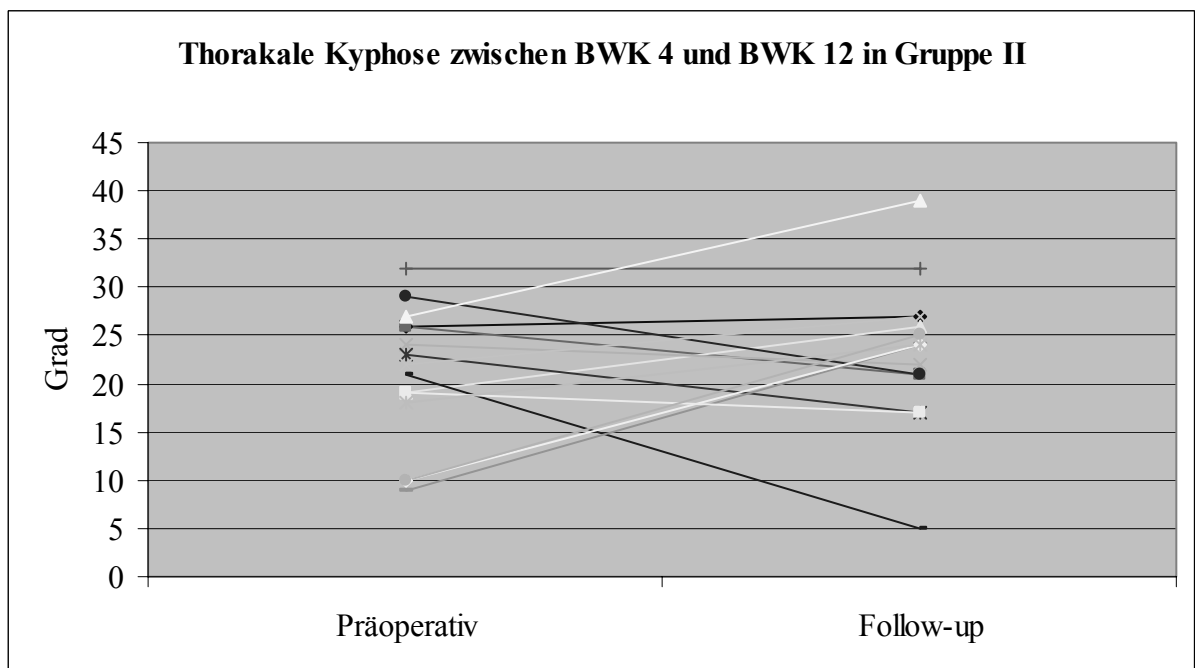
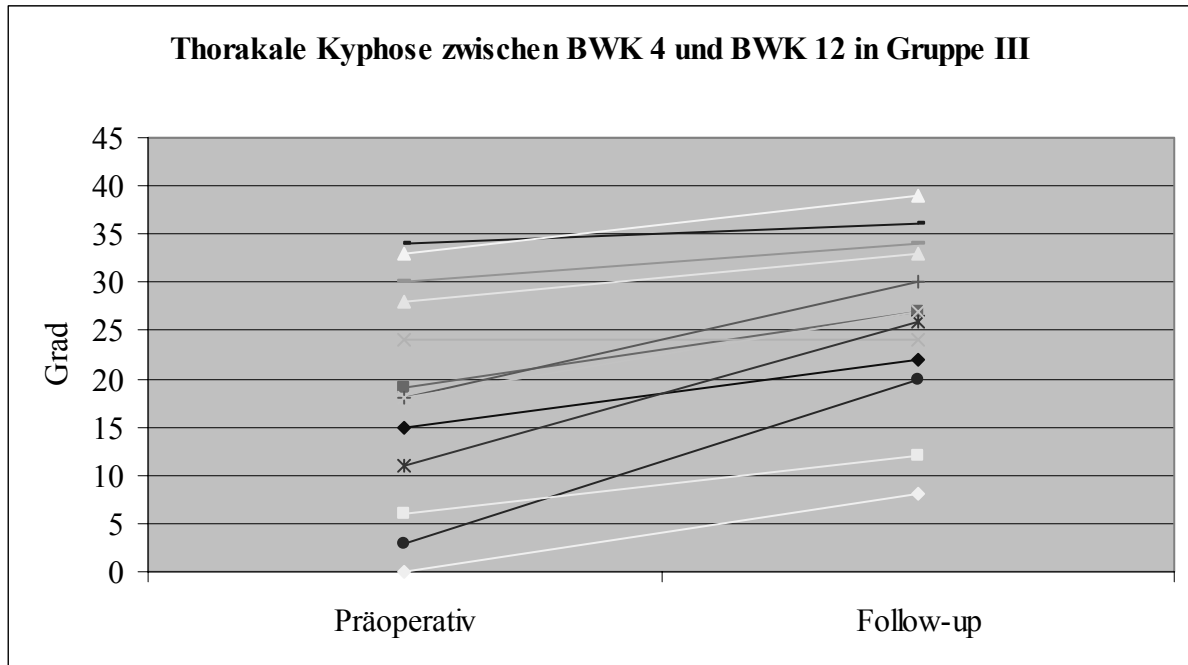


Diagramm Nr. 23



Für die Gruppe I lässt sich feststellen, dass zum Nachuntersuchungszeitpunkt 6 der insgesamt 7 Patienten mit der thorakalen Kyphose im Normbereich lagen. Nur ein Patient lag mit einer thorakalen Hypokyphose von 17° außerhalb des Normbereichs von 20° - 40° nach Cobb. Dies stellt eine deutliche Verbesserung gegenüber dem präoperativen Zeitpunkt dar, an dem 6 Patienten eine thorakale Hypokyphose von unter 20° aufwiesen.

Für die Patienten der Gruppe II, bei denen sich keine eindeutige mittlere Veränderung der durchschnittlichen thorakalen Kyphose gemäß Diagramm Nr. 19 ermitteln ließ, konnte jedoch bei Einzelbetrachtung der Entwicklung der thorakalen Kyphose in Diagramm Nr. 21 festgestellt werden, dass präoperativ 6 der insgesamt 15 Patienten (40%) dieser Gruppe, zum Nachuntersuchungszeitpunkt nur noch 3 Patienten (20%) eine thorakale Hypokyphose aufwiesen.

In der Gruppe III wiesen präoperativ gemäß Diagramm Nr. 22 sieben von 13 Patienten (53,8%) eine thorakale Hypokyphose auf, hingegen postoperativ nur noch 2 von 13 Patienten (15,4%).

10.4.2 Thorakolumbaler Übergang

Die Entwicklung des thorakolumbalen Übergangs im seitlichen Profil in den einzelnen Gruppen lässt sich anhand der Diagramme 24-26 ablesen.

Diagramm Nr. 24

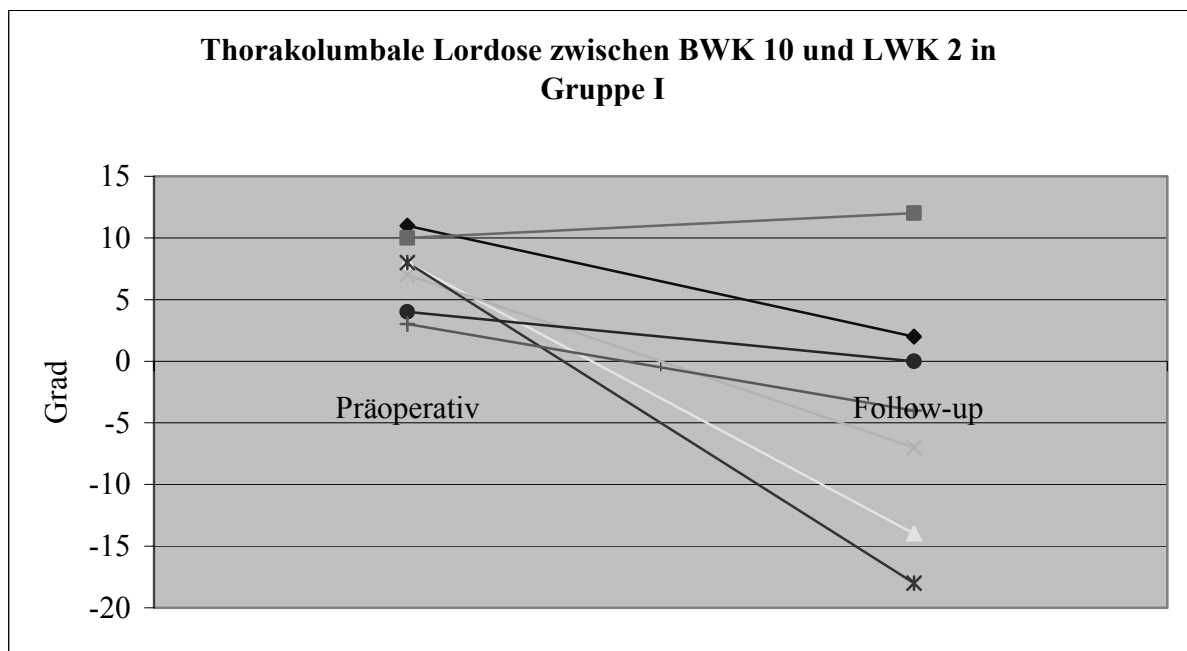


Diagramm Nr. 25

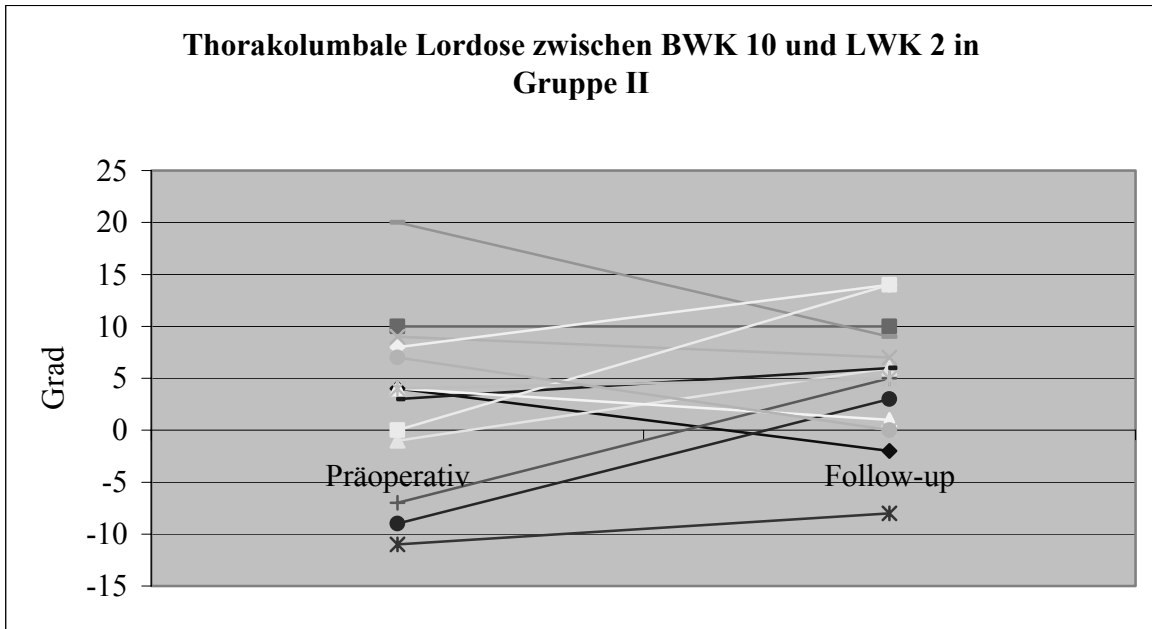
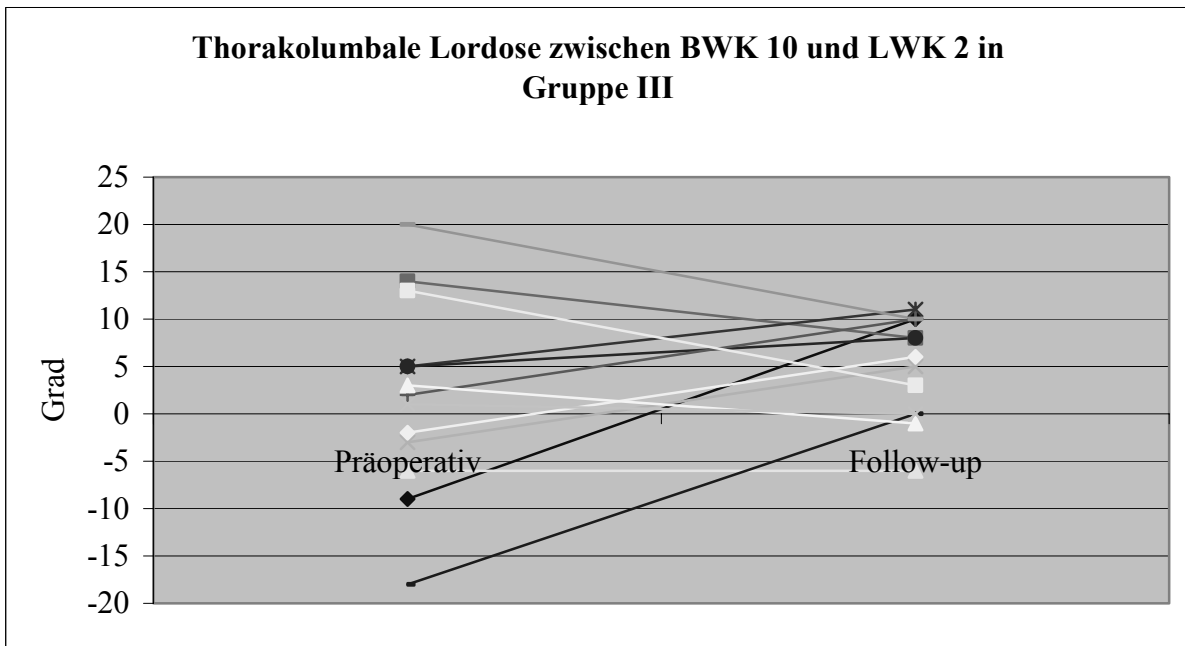


Diagramm Nr. 26



Für die Patienten der Gruppe I muss festgestellt werden, dass präoperativ der thorakolumbale Übergang bei 6 der 7 Patienten im physiologischen Bereich eingestellt war. Postoperativ war dies nur bei 4 der 7 Patienten der Fall.

Bei 6 Patienten dieser Gruppe war eine Kyphosierung durch die Instrumentation zu verzeichnen, wobei 2 dieser 6 Patienten eine pathologische Kyphose im Thorakolumbalbereich zum Nachuntersuchungszeitraum aufwiesen.

Bei den Patienten der Gruppe II lagen sowohl präoperativ wie auch postoperativ 2 der 15 Patienten (13,3%) außerhalb des physiologischen Normbereichs.

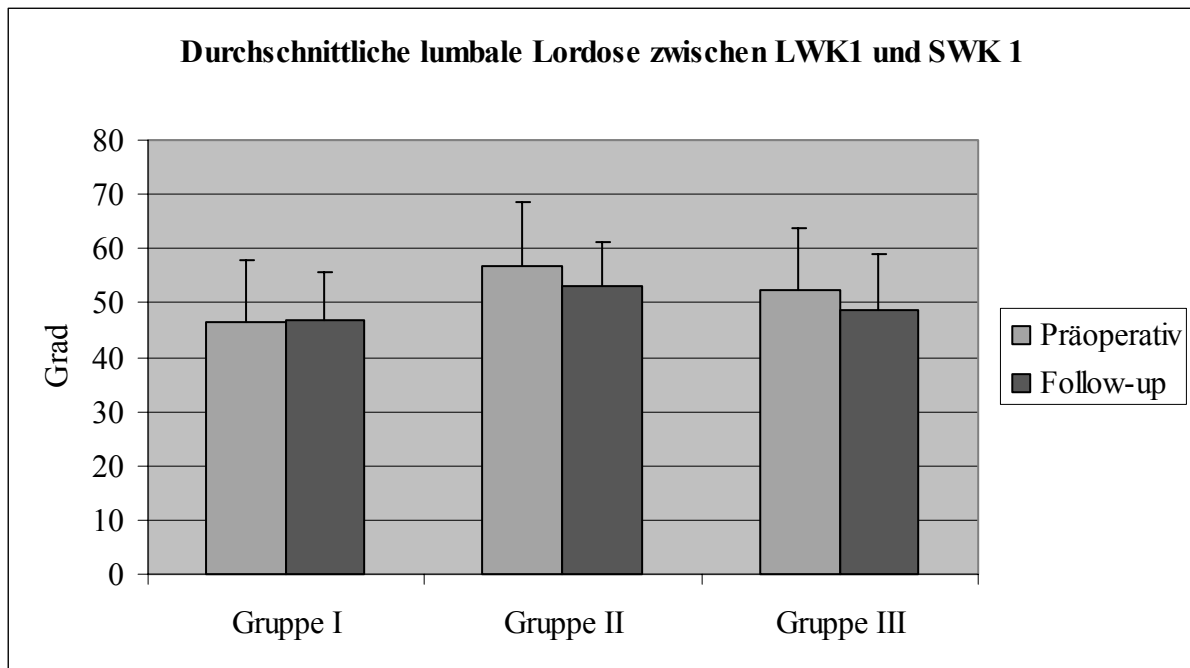
In Gruppe III lässt sich gemäß Diagramm Nr. 26 ein positiver Effekt der Instrumentation auf die Einstellung des thorakolumbalen Übergangs feststellen: Präoperativ lag der thorakolumbale Übergang bei 4 Patienten (30,7%) außerhalb des Normbereichs, wohingegen postoperativ nur bei einem Patient (7,7%) eine Einstellung außerhalb der Norm ermittelt werden konnte.

Sowohl in Gruppe II und III war kein Trend hin zu einer pathologischen Kyphosierung durch die Instrumentation des thorakolumbalen Übergangs, wie in Gruppe I beobachtet, zu verzeichnen.

10.4.3 Lumbale Lordose

Eine Darstellung der durchschnittlichen lumbalen Lordose in den einzelnen Auswertungsgruppen zum präoperativen und Nachuntersuchungszeitpunkt erfolgt in Diagramm Nr. 27.

Diagramm Nr. 27



Aus dieser Darstellung wird deutlich, dass es in Gruppe II und III zu einer geringen Abnahme der lumbalen Lordose, in Gruppe I hingegen zu keiner wesentlichen Veränderung der durchschnittlichen lumbalen Lordose bedingt durch die Instrumentation kam.

Eine Einzelbetrachtung der Entwicklung der lumbalen Lordose zeigt jedoch, dass in Gruppe I bei 2 der 7 Patienten (28,6%) eine Einstellung einer präoperativ bestehenden Hyperlordose in den physiologischen Bereich erzielt werden konnte. Bei einem Patient (14,3%) war eine pathologische hyperlordotische Einstellung und bei einem weiteren Patient (14,3%) eine hypolordotische Einstellung des lumbalen Bereichs sowohl zum präoperativen als auch zum postoperativen Zeitpunkt zu beobachten. Bei insgesamt 4 der 7 Patienten kam es jedoch durch die Instrumentation zu einer zum Teil geringen Abnahme der Lendenlordose.

In der Gruppe II konnte bei 8 der 15 (53,3%) Patienten zum präoperativen Zeitpunkt eine Hyperlordosierung des Lumbalbereichs gemessen werden. Zum Nachuntersuchungszeitraum war dies nur noch bei 4 Patienten (26,7%) der Fall.

In Gruppe III konnten ebenso 4 der 13 Patienten (30,8%) durch die Instrumentation aus einer präoperativ bestehenden Hyperlordose zu einer physiologischen Einstellung des Lumbalbereichs gebracht werden. Zum Nachuntersuchungszeitpunkt bestand in dieser Gruppe noch bei 3 der 13 Patienten (23,1%) weiterhin eine lumbale Hyperlordose. Bei einem Patient (7,7%) war zum präoperativen Zeitpunkt sowie zur Nachuntersuchung eine lumbale Hypolordose vorhanden.

10.5 Wirbelkörperrotation

Die Wirbelkörperrotation des Scheitelwirbels der Haupt- und Nebenkrümmung wurde nach der Methode nach Pedriolle (76) ermittelt.

In den beiden Diagrammen Nr. 28 und 29 erfolgt eine Darstellung der durchschnittlichen Wirbelkörperrotation des Scheitelwirbels von Hauptkrümmung und Nebenkrümmung zum präoperativen Zeitpunkt, im Zustand nach ventraler VDS-Instrumentation und zum Nachuntersuchungszeitpunkt in den einzelnen Auswertungsgruppen.

Diagramm Nr. 28

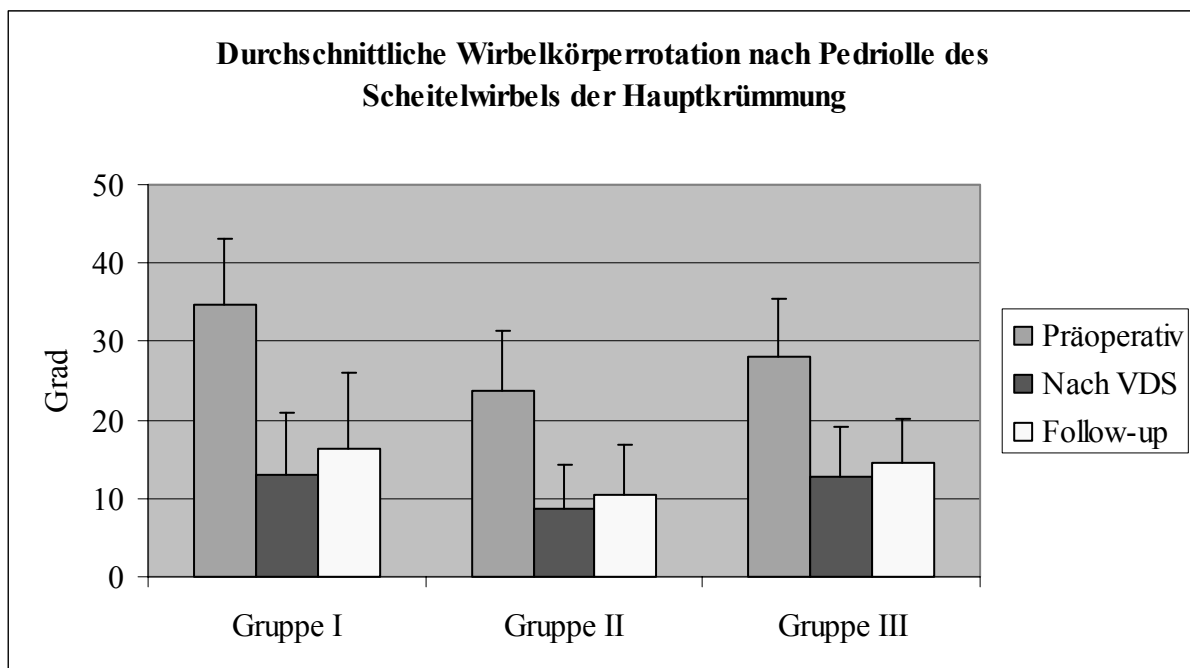
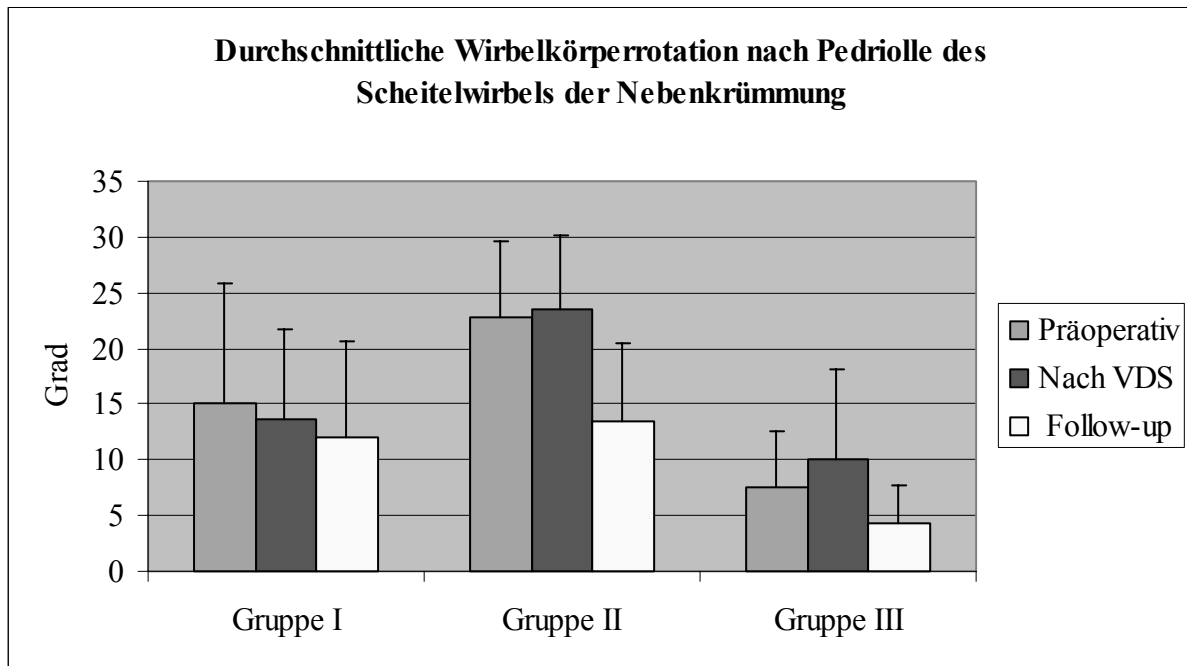


Diagramm Nr. 29



Die durchschnittliche Verbesserung der Wirbelkörperrotation des Scheitelwirbels der Hauptkrümmung zeigt in allen 3 Gruppen vergleichbare Werte:

In Gruppe I erfolgte eine Korrektur um 52,6% von präoperativen 34,6° auf postoperative 16,4°.

In Gruppe II betrug die Korrektur 56,3% von 23,8° auf 10,4° postoperativ.

Die Verbesserung in Gruppe III betrug 48% von präoperativen 28,1° auf 14,6° zum Nachuntersuchungszeitpunkt.

Die in allen 3 Gruppen beobachtete geringgradige Rotationszunahme des Scheitelwirbels der Hauptkrümmung von der ersten Aufnahme nach der VDS bis zum Nachuntersuchungszeitpunkt, wie in Diagramm Nr. 28 ersichtlich, ist nicht als Korrekturverlust zu werten, da die Rotationswerte von der ersten Röntgenkontrolle postoperativ im Stehen nach erfolgter DCS bis zum Nachuntersuchungszeitpunkt stabil blieben. Diese Rotationszunahme könnte ihre Ursache vielmehr darin haben, dass die Röntgenaufnahme nach erfolgter VDS im Liegen durchgeführt wurde und demnach die Wirbelsäule gegenüber dem Röntgensschirm nicht neu-

tralrotiert war. Zum anderen führte eventuell die Aufrichtung und Entdrehung der dorsal instrumentierten Nebenkrümmung zu einer geringgradigen kompensatorischen Rotationszunahme der Hauptkrümmung.

Gemäß Diagramm Nr. 29 konnte eine Rotationsabnahme des Scheitelwirbels der nur durch die DCS instrumentierten Nebenkrümmung in allen 3 Gruppen erzielt werden:

In Gruppe I betrug die prozentuale Abnahme der Rotation des Scheitelwirbels 19,3% von präoperativen 15° auf 12,1°.

In Gruppe II konnte durch die Aufrichtung der lumbalen Krümmung eine Abnahme der Rotation des Scheitelwirbels von 22,8° präoperativ auf 13,5° postoperativ erreicht werden, was einer Verbesserung von 40,8% entspricht.

In Gruppe III konnte die relativ geringe durchschnittliche Rotation des Scheitelwirbels von lediglich 7,5° präoperativ auf postoperative 3,4° verbessert werden, was rechnerisch einer prozentualen Verbesserung der Rotation des Scheitelwirbels von 42,7% verglichen mit dem präoperativen Wert entspricht.

Bei insgesamt 2 der 35 Patienten musste im überschaubaren Nachuntersuchungszeitraum ein Korrekturverlust bezüglich der Wirbelkörperrotation beobachtet werden. In beiden Fällen konnte als Ursache hierfür ein Stabbruch des dorsalen 5mm-Kompressionsstabs verantwortlich gemacht werden. Bei der Patientin der Gruppe I führte dieser zu einer Progredienz der lumbalen Rotation von postoperativen 20° auf 25° Rotation zum Nachuntersuchungszeitpunkt. Bei der Patientin der Gruppe II fiel dieser Korrekturverlust mit einer Zunahme der lumbalen Rotation von postoperativen 17° auf 20° nach Pedriolle geringer aus.

Im Bereich der thorakalen Krümmung war in keinem Fall eine Zunahme der Rotation von der ersten postoperativen Röntgenaufnahme bis zum Nachuntersuchungszeitpunkt zu beobachten.

10.6 Rumpfsymmetrie

Hinsichtlich der Parameter der Rumpfsymmetrie wurden Schulterschiefstand, Beckenschiefstand, Rumpfüberhang und die Abweichung des Apex von Haupt- und Nebenkrümmung von einer Mittellinie gezogen vom 7. Halswirbel bis zur Mitte des Sakrums zu den einzelnen Untersuchungszeitpunkten in allen 3 Gruppen ermittelt.

Einen zusammenfassenden Überblick für diese Parameter in den einzelnen Gruppen wird in den Tabellen Nr. 14-16 gegeben.

Tabelle Nr. 14:

Jeweiliger Mittelwert (MW), Median (Med.), Standardabweichung (SAW), Minimum (Min.), Maximum (Max.) und die durchschnittliche prozentuale Korrektur des Mittelwerts (Korr.) des präoperativ (präop) und zum Nachuntersuchungszeitpunkt (NU) gemessenen Schulterschiefstands, Beckenschiefstands, Rumpfüberhangs und der Apexabweichung (Apexabw.) von Haupt- und Nebenkrümmung (HK, NK) für Gruppe I

	Schulterschiefstand [cm]		Beckenschiefstand [cm]		Rumpfüberhang [cm]		Apexabw. HK [cm]		Apexabw. NK [cm]	
	Präop	NU	Präop	NU	Präop	NU	Präop	NU	Präop	NU
MW	0,47	0,4	1,08	0,7	2,34	1,1	4,17	0,8	2,17	1,8
Med.	0,3	0,5	1,05	0,7	2	1,2	3,9	0,5	1,9	1,7
SAW	0,34	0,13	0,55	0,46	1,3	0,91	1,29	0,74	1,33	1,34
Min	0,1	0,2	0,4	0,2	0,8	0	2,9	0	0,4	0,2
Max	1	0,5	2,1	1,4	4,4	2,7	7	2,2	4,9	4,1
Korr.	14,89%		35,2%		52,99%		80,82%		17,05%	

Tabelle Nr. 15:

Jeweiliger Mittelwert (MW), Median (Med.), Standardabweichung (SAW), Minimum (Min.), Maximum (Max.) und die durchschnittliche prozentuale Korrektur des Mittelwerts (Korr.) des präoperativ (präop) und zum Nachuntersuchungszeitpunkt (NU) gemessenen Schulterschiefstands, Beckenschiefstands, Rumpfüberhangs und der Apexabweichung (Apexabw.) von Haupt- und Nebenkrümmung (HK, NK) für Gruppe II

	Schulterschiefstand [cm]		Beckenschiefstand [cm]		Rumpfüberhang [cm]		Apexabw. HK [cm]		Apexabw. NK [cm]	
	Präop	NU	Präop	NU	Präop	NU	Präop	NU	Präop	NU
MW	0,64	0,59	0,64	0,74	1,91	1,35	3,51	1,06	2,39	1,21
Med.	0,6	0,45	0,45	0,5	2	1	3,5	0,65	2,4	1,35
SAW	0,58	0,66	0,61	0,61	0,85	1,02	1,29	0,91	0,65	0,62
Min	0	0	0	0	0,4	0,1	1,4	0	1,4	0,2
Max	2,3	2,6	2,5	2,3	3,4	3,9	5,2	2,5	3,4	2,2
Korr.	7,81%		-15,62%		29,32%		69,8%		49,37%	

Tabelle Nr. 16:

Jeweiliger Mittelwert (MW), Median (Med.), Standardabweichung (SAW), Minimum (Min.), Maximum (Max.) und die durchschnittliche prozentuale Korrektur des Mittelwerts (Korr.) des präoperativ (präop) und zum Nachuntersuchungszeitpunkt (NU) gemessenen Schulterschiefstands, Beckenschiefstands, Rumpfüberhangs und der Apexabweichung (Apexabw.) von Haupt- und Nebenkrümmung (HK, NK) für Gruppe III

	Schulterschiefstand [cm]		Beckenschiefstand [cm]		Rumpfüberhang [cm]		Apexabw. HK [cm]		Apexabw. NK [cm]	
	Präop	NU	Präop	NU	Präop	NU	Präop	NU	Präop	NU
MW	0,65	0,55	0,55	0,36	1,63	0,57	5,15	1,17	0,88	0,71
Med.	0,6	0,5	0,5	0,3	1,5	0,5	4,4	1	0,75	0,5
SAW	0,35	0,56	0,45	0,29	0,89	0,42	1,19	0,81	0,49	0,44
Min	0,2	0	0	0,1	0,6	0	3,6	0,3	0	0,3
Max	1,5	2,2	1,2	1,2	3,4	1,5	7,4	3	1,7	1,8
Korr.	15,38%		34,55%		65,03%		77,28%		19,32%	

Aus dieser Auflistung wird deutlich, dass in keiner der 3 Gruppen wesentliche Veränderungen im Bereich des durchschnittlichen Schulterschiefstandes oder Beckenschiefstandes erzielt werden konnten. Die Durchschnittswerte lagen hier jedoch auch zum postoperativen Zeitpunkt in allen Fällen deutlich unter einem Zentimeter.

Für den Rumpfüberhang konnten insbesondere in den Gruppen I und III deutliche Verbesserungen erzielt werden:

In Gruppe I betrug die prozentuale Abnahme des Rumpfüberhangs, verglichen mit dem präoperativ radiologisch gemessenen Wert, 53% auf postoperative 1,1cm durchschnittlich, in Gruppe III 65,03% auf 0,57 cm zum Nachuntersuchungszeitpunkt.

In Gruppe II hingegen war keine deutliche Verringerung des Rumpfüberhangs zu erzielen. Hier betrug die prozentuale Verbesserung, verglichen mit dem präoperativen Wert, nur 19,32% auf postoperative 1,35cm im Durchschnitt.

Die durchschnittliche Apexabweichung der Hauptkrümmung konnte in allen 3 Gruppen auf Werte von unter 1,2cm um durchschnittlich 70-80%, verglichen mit den präoperativen Werten, verbessert werden.

Insbesondere in Gruppe II konnte ebenfalls die Apexabweichung der nur dorsal instrumentierten Nebenkrümmung um beinahe 50% auf postoperative 1,21 cm verringert werden.

Solch eine Abnahme konnte in Gruppe I und III nicht erzielt werden:

In Gruppe I betrug die Abnahme der Apexabweichung der nur dorsal instrumentierten Nebenkrümmung weniger als 0,4cm im Durchschnitt, was die Rigidität der thorakalen Nebenkrümmung unterstreicht.

In Gruppe III bestand bereits präoperativ eine nur geringradige Apexabweichung, welche nicht wesentlich durch die Instrumentation verbessert werden konnte.