

**Operative Behandlungsergebnisse spondylolytischer Spondylolisthesen nach dorsoventraler Spondylodese.**

**Eine kasuistische Betrachtung.**

Inaugural –Dissertation

Zur Erlangung des Grades eines Doktors der Medizin

des Fachbereiches Humanmedizin

der Justus-Liebig-Universität Gießen

vorgelegt von Uwe Joachim Gronemeier

aus Minden / Westfalen

Gießen 2002

Aus dem Medizinischen Zentrum für Orthopädie und Physikalische Medizin  
Orthopädische Klinik  
Leiter: Prof. Dr. med. H. Stürz  
des Universitätsklinikums Gießen

1. Gutachter: PD Dr. med. Melzer
2. Gutachter: Prof. Dr. med. Bohle

Tag der Disputation: 28. Januar 2002

Meinen Eltern

## **Inhaltsverzeichnis**

<b><u>Einleitung</u></b> .....	1
<b><u>Embryologie, Anatomie und Physiologie der Lendenwirbelsäule</u></b> .....	2
<b><u>Historischer Rückblick zur Spondylyse und Spondylolisthese</u></b> .....	4
<b><u>Definition und Klassifikation der Spondylyse und Spondylolisthese</u></b> .....	6
Typ I: Isthmische Form: Läsion in der Pars interarticularis.....	6
Typ Ia: Spondylolytische Form.....	6
Typ Ib: Elongation der Pars interarticularis.....	9
Typ Ic-e: Erworbene und pathologische Formen.....	9
Typ II: Dysplastische Spondylolisthese.....	10
Typ III: Degenerative (Pseudo-)Spondylolisthese.....	10
Typ IV: Pedunkuläre Spondylolisthese.....	11
<b><u>Pathogenese der spondylolytischen Spondylolisthese</u></b> .....	12
<b><u>Klinik: Beschwerdebild und körperliche Untersuchungsbefunde</u></b> .....	16
<b><u>Diagnostik</u></b> .....	20
1. Radiologische Diagnostik - Röntgen.....	20
a) Gleitstrecke (slip).....	23
b) Gleitwinkelmessung (slip-angle).....	24
c) Lendenlordose.....	27
d) Inklination des Os sacrum.....	28
e) Index des Gleitwirbels.....	29
f) Form und Kontur der kranialen Sakralbasis.....	30
2. Myelographie.....	32
3. Computertomographie (CT) und Magnetresonanztomographie (MRT).....	33

<b><u>Therapie und Therapiekonzepte</u></b> .....	35
I. "direct repair" oder Isthmusrekonstruktionen.....	37
II. Nervale Dekompression.....	38
III. Lumbale Fusionsoperationen.....	39
A. in situ-Fusionen und posterolaterale Spondylodesen.....	40
B. Fusionen nach Repositionen und Fixation.....	43
C. Kombinationen von I.-III. ....	43
a) interkorporelle Fusionen von ventral.....	45
b) interkorporelle Fusionen von dorsal.....	47
c) Kombinierte Verfahren mit ventraler Fusion und dorsaler Instrumentation.....	48
<b><u>Material und Methoden</u></b> .....	52
Patientengut und Datenerhebung.....	52
Körperliche Untersuchung.....	55
Röntgenparameter.....	56
OP-Methoden bei ein- und zweizeitigen Eingriffen.....	58
Komplikationen.....	61
Revisionen und Folge-Eingriffe.....	62
<b><u>Ergebnisse</u></b> .....	64
Präoperative Auswertung.....	64
Postoperative Auswertung - Teil I.....	67
Postoperative Auswertung - Teil II.....	72
<b><u>Diskussion</u></b> .....	80
<b><u>Zusammenfassung</u></b> .....	95
<b><u>Falldarstellungen</u></b> .....	97

<b><u>Anhang</u></b> .....	110
Aufforderung zur Nachuntersuchung.....	111
Fragebogen I (präoperativ).....	112
Fragebogen II (postoperativ).....	115
Akte.....	118
Klinische Nachuntersuchung.....	121
<b><u>Abbildungsverzeichnis</u></b> .....	124
<b><u>Literaturverzeichnis</u></b> .....	126
<b><u>Lebenslauf</u></b> .....	145
<b><u>Danksagung</u></b> .....	146

## Einleitung

Seit der Entdeckung der Spondylolyse und Spondylolisthese vor über 200 Jahren haben sich unzählige Ärzte und Wissenschaftler mit diesem Themenbereich beschäftigt. Zahlreiche Veröffentlichungen in der jungen Vergangenheit spiegeln wie ehemals ein großes Interesse am Krankheitsbild der Spondylolisthese wider, haben aber nicht immer zur Verdeutlichung seiner Komplexität beigetragen. Nach wie vor sind grundlegende Fragen zur Ätiologie und Pathogenese der spondylolytischen Spondylolisthese nicht endgültig geklärt. Selbst Nomenklatur, klinische Entitäten und Zusammenhänge werden heute noch in Klinik und Alltag durcheinandergeworfen und mißachtet. Vollends unüberschaubar ist letztlich auch die Vielfalt der therapeutischen Behandlungsansätze und -formen bei der spondylolytischen Spondylolisthese. Fast jede orthopädische Klinik und Arbeitsgruppe haben ihre eigenen Vorstellungen hinsichtlich Operationsmethode und Indikation.

Die vorliegende Arbeit macht den Versuch, anhand einer Kasuistik von 34 Patienten nicht nur eigene Erfahrungen zum Thema der operativen Versorgung von isthmischen Spondylolisthesen beizutragen, sondern durch ausführliche anatomische, physiologische und pathologische Ausführungen zum besseren Verständnis des Krankheitsbildes beizutragen.

Ein Konsens in der operativen Behandlung dieser lumbalen Instabilität ist wohl fern und wahrscheinlich gar nicht zu erreichen. Anhand ausgewählter Therapiebeispiele und Verläufe sollen die wichtigsten Behandlungsansätze mit ihren Vor- und Nachteilen vorgestellt, evaluiert und mit unseren Erfahrungen verglichen werden.

Im Rahmen einer ambulanten Nachuntersuchung werden im folgenden die Behandlungsergebnisse spondylolytischer Spondylolisthesen nach dorsoventralen Spondylodesen (ventrale interkorporelle Fusion und dorsale Instrumentierung) als adäquate Therapie anhand eingehender klinischer Untersuchungen und röntgenologischer Nach- und Verlaufskontrollen der Patienten beurteilt. Der Schwerpunkt soll auf einem ausführlichen Vergleich subjektiver prä- und postoperativer Befunde liegen. Im Nebenschluß wird ferner versucht, mögliche Vorteile einer ein- oder zweizeitigen operativen Vorgehensweise herauszuarbeiten.

## Embryologie, Anatomie und Physiologie der Lendenwirbelsäule

Aus ursprünglich 43 paarig angelegten Somiten kommt es mit dem weiteren Wachstum des Keimes zum Verlust von zehn Somiten; fünf aus dem kranialen und fünf vom kaudalen Ende der künftigen Wirbelsäule entwickeln sich nicht weiter. Später in der Entwicklung des Embryos vereinigen sich die beiden Anlagen der 33 übrigen Wirbel. Mit der Verschmelzung der dorsalen und ventralen Anteile um die Chorda dorsalis kommt es zur Ausbildung eines Wirbelkörpers mit der Chorda als zentralem Element. Wirbelbögen und Dornfortsätze wachsen nach dorsal, ausgehend von den Processus neurales. Nach lateral entwickeln sich die Processus costales.

In den zunächst knorpelig angelegten Wirbelkörpern kann man etwa bei einer Scheitel-Steiß-Länge von 50-70 mm des Embryos die ersten Ossifikationskerne identifizieren, zentral im Wirbelkörper sowie weiter lateral in den Wirbelbögen. Die Wirbelkörper verknöchern zunächst im kaudalen BWS-Bereich, um dann nach proximal und distal fortzuschreiten. Die Wirbelbögen hingegen beginnen ihren knöchernen Umbauprozess in der oberen HWS distalwärts.

Die Lendenwirbelsäule besteht regulär aus fünf Wirbeln. Die Variation in Form eines scheinbaren sechsten Wirbelkörpers findet man bei der sogenannten Lumbalisation. Hier handelt es sich um den ersten Sakralwirbelkörper, der nicht mit dem Os sacrum verschmolz. Auch die Form der Sakralisation ist bekannt. Durch die Verschmelzung mit dem Kreuzbein sind nur vier freie oder wahre Lendenwirbel vorhanden. Eine genauere Abgrenzung der beiden Variationen (Epidemiologie: 0,6-25 %) ist nur durch genaue Abzählung aller Wirbel möglich.

Die Lendenwirbelkörper sind mit ihrem querovalen Grundriß die größten und kräftigsten der gesamten Wirbelsäule. Nach dorsal entspringen die seitlich abgeflachten Dornfortsätze, nach lateral beiderseits noch vor den Gelenkfortsätzen die Processus costarii, die rudimentären Lendenwirbelkörperrippen. Die Gelenkfortsätze der LWS mit ihren konvex-konkaven kranialen und kaudalen Gelenkflächen stehen senkrecht zueinander und erlauben daher nur eine Flexions-Extensions-Bewegung in der Hauptachse sowie eine geringe Seitwärtsneigung. Rotationsbewegungen sind im wesentlichen hier nicht möglich. Die lumbalen Processus articulares sind starke, ovale Knochenplatten, vorne mit der Bogenwurzel verbunden und mit nach medial gedrehten, konkaven Gelenkflächen. Die lumbalen unteren Gelenkfortsätze liegen beiderseits des Spinalfortsatzes am Unterrand des Wirbelbogens. Im Vergleich zu den oberen Gelenkfortsätzen stehen die unteren näher zusammen und haben eine ovale, nach lateral gerichtete, konvexe Gelenkfläche. Im artikulierenden Zustand umfassen die oberen Gelenkfortsätze des nächst tieferen Wirbels die unteren von ventrolateral. Die Verbindungen stellen echte, von einer Gelenkkapsel umgebene Gelenke dar.

Das Kreuzbein, Os sacrum, besteht aus fünf, sich nach kaudal stark verjüngenden Kreuzbeinwirbeln, die etwa bis zum zwanzigsten Lebensjahr miteinander verknöchern. Kranial endet die paarige Crista sacralis intermedia, entstanden durch die Verschmelzung der Gelenkfortsätze auf der dorsalen Seite des Os sacrum, in den Processus articulares superiores und bildet mit dem fünften



Lendenwirbelkörper das kaudalste echte Wirbelgelenk. Den kaudalen Pol des Kreuzbeines stellen die Cornua sacralia dar. Diese begrenzen eine variable Öffnung, den Hiatus sacralis, und sind die Grenze zum Steißbein, dem Os coccygis.

Im Verbund der gesamten menschlichen Wirbelsäule zeigt die Lendenwirbelsäule eine nach vorn konvexe Krümmung, die Lendenlordose. Bei Geburt ist die Lordose noch nicht ausgebildet. Sie entwickelt sich mit dem Laufbeginn des Kindes. Erst im Alter von etwa 18 Monaten verändern die Wirbelgelenke zwischen LWK 5 und SWK 1 ihre Lage nicht mehr. Die knöcherne Verschmelzung zwischen Wirbelbogen und -körper dauert sogar bis zum Schulalter an. Mit der ausgleichenden, nach dorsal konvexen Kyphose der Brustwirbelsäule und der darüber liegenden Halslordose entsteht jener doppel-S-förmige Achsenstab, der vertikale Stöße der unteren Extremitäten abfedern können, den Körperschwerpunkt nach dorsal verlagert und damit überhaupt unsere aufrechte Haltung ermöglicht. Der aufrechte Gang wiederum scheint die Ursache für die Ausbildung einer Spondylolyse und Spondylolisthese zu sein, wie eine von Rosenberg (185) 1982 veröffentlichte Studie postuliert: Von 143 untersuchten Individuen, älter als zehn Jahre, und von denen bekannt war, daß sie auf Grund einer Cerebralparese niemals gehen konnten, fand er keinen einzigen radiologischen Nachweis einer Spondylolyse oder Spondylolisthese. Die Inzidenz bei Spina bifida, die wohl häufiger mit einer Lyse einhergeht, entsprach der in der Normalbevölkerung (siehe unten). Biomechanisch gesehen kommt der kaudalste Lendenwirbelkörper bei der aufrechten Haltung des Menschen in eine ungünstige Position. Der fünfte LWK steht am lumbosakralen Übergang auf der etwa 40° nach ventral geneigten oberen Deckplatte des Os sacrum. Trotz des gesamten Gewichtes des Oberkörpers, welches auf LWK 5 lastet, besteht im Bewegungssegment LWK 5 / SWK 1 die größte Beweglichkeit im Sinne der Flexion und Extension.

Im gesamten (Wirbel-)Tierreich, die Primaten eingeschlossen, gibt es kein gleichartig konstruiertes Wirbelsäulengefüge, und bis heute ist kein Nachweis einer lytischen Veränderung in der Interartikularportion eines Tieres bekannt geworden. Eine Spondylolisthese konnte lediglich experimentell an heranwachsenden Kaninchen erzeugt werden (165).

## Historischer Rückblick zur Spondylolyse und Spondylolisthesis

Das Ereignis der Spondylolisthesis war viel früher bekannt als der Begriff der Spondylolyse. Bereits 1741 erklärte Andry (5) in einem in Paris erschienenen orthopädischen Journal das Phänomen als mögliche Ursache des Hohlkreuzes. 1782 erkannte Herbiniaux (83), Chirurg und Geburtshelfer in Brüssel, die Spondylolisthese als Geburtshindernis und beschrieb sie erstmals in seinem "Traite sur divers accouchements laborieux, et sur les polypes de la matrice".

Der Wiener Pathologe Freiherr von Rokitansky (184) wurde 1839 genannt, die Spondylolisthese als pathologische Entität anhand seiner "Wiener Becken" zuerst erkannt zu haben. Die erste allgemein anerkannte Beschreibung der Spondylolisthese an sich als geburtshilfliche Komplikation geht auf Kilian 1854 (105) zurück. Er prägte auch den Begriff "Spondylolisthese" und löste Namen wie "Wirbelglitschen" oder "Wirbelschieben" ab. Andere Autoren, wie zum Beispiel Roasenda (180), behaupteten hingegen, Kiwisch und Seyfert (109, 203) aus Prag hätten mit ihrer Abhandlung "Das durch die Dislocation des letzten Lendenwirbels nach vorn anomale Becken" von 1851 (in Kiwischs unvollendeter Geburtskunde) noch vor Kilian das Phänomen der Spondylolisthese erklärt.

1853 war es ein gewisser Robert zu Coblenz (181), der ebenfalls Seyferts Beschreibungen aufgriff und in der Monatsschrift für Geburtshilfe und Frauenkrankheiten als "obstetric spondylolisthesis" würdigte. Der frühere Professor der Medizin aus Marburg an der Lahn war auch der erste Wissenschaftler seiner Zeit, der die Bedeutung der Einheit des Wirbelbogens als Schutz vor einem Gleitprozeß nach ventral erkannte. Er experimentierte mit Wirbelsäulen in vitro und beschrieb die Auswirkungen auf die Stabilität des Gefüges, nachdem er zum einen den Wirbelbogen durchsägte. Zum anderen untersuchte er die Effekte, die sich ergaben, nachdem die Bandscheibe und Bänder zwischen LWK 5 und SWK 1 zertrennt wurden, der Bogen aber intakt blieb. Somit war es wahrscheinlich Robert zu Coblenz, der sich als erster über biomechanische Zusammenhänge und Vorgänge an der lumbalen Wirbelsäule Gedanken gemacht hat.

1911 zitierte Poirier (174) ebenfalls Kilian als Erstbeschreiber des Begriffes der Spondylolisthesis. Hitchcock (86) schrieb 1940 in seiner Arbeit, auf Kilian würde auch die Umschreibung "Spondyloschisis" zurückgehen, ein Synonym, welches noch bis 1955 von Barr benutzt wurde.

Zwischen 1881 und 1890 mehrten sich die Beobachtungen rund um die Spondylolisthese-Becken. Zunächst waren erst fünfzehn von ihnen bekannt geworden, um dann vor allem auch durch die Arbeiten Franz L. Neugebauers aus Warschau (158) und anderer auf über 90 Becken um 1890 herum anzuwachsen. Von ihm stammte auch jene noch bis heute gültige Definition der Spondylolisthese in Übereinstimmung vieler späterer Autoren, wie Taillard 1976 (220) oder Zippel 1980 (248):

*"Ventralverschiebung eines Wirbelkörpers mit den kranialen Gelenk- und Querfortsätzen, die durch Kontinuitätstrennung oder eine übermäßige Elongation des Zwischengelenkstüekes des seitlichen Wirbelbogens bedingt sind".*

1884 wurde durch Neugebauer erstmals die Spondylolisthese mit der Spondylolyse in Zusammenhang gebracht, wie Chandler (31) in seiner Abhandlung beschreibt. Neugebauers Lehrer Lambl (118, 119) war der erste, der 1858 hierzu den Begriff der "Pars interarticularis" benutzte. Dieser kritisierte später seinen Schüler Neugebauer wegen der Behauptung, Spondylolyse und Spondylolisthese seien synonym zu bewerten.

Von dem Chirurgen und späteren Professor der Anatomie G. M. Humphry aus Cambridge (92) stammte 1858 wahrscheinlich die erste englischsprachige Darstellung der Spondylolyse. In seinen "Treatise on the Human Skeleton" beschrieb Humphry, wie er auf einer Deutschlandreise in Bonn vier Lendenwirbelsäulen in vitro untersuchen konnte, "in which the arch of the fifth lumbar vertebra is separate from the articulating process (...) ". Erst 1866 berichtete Blake (15) über den ersten Fall einer Spondylolisthese in den USA, interessanterweise wiederum am Beispiel einer Schwangeren, wie schon viele vor ihm.

In den achtziger Jahren des vorigen Jahrhunderts folgten viele weitere Beobachtungen zur Spondylolyse und Spondylolisthese. In deutscher und französischer Sprache wurde besonders Franz Neugebauer aus Warschau (158) bekannt. In England war es Arbuthnot Lane (121, 122), der, nachdem er Neugebauers Veröffentlichungen las, ab 1885 seine eigenen Beobachtungen zu diesem Thema mitteilte. Während Neugebauer und Kollegen noch den Begriff der "obstetric Spondylolisthesis" favorisierten, und diesen mit zahlreichen Beispielen anhand weiblicher, durch Olisthesen stark beengter Becken belegten, demonstrierte Lane vor allem Details männlicher Becken und Wirbelsäulen.

Seit der ersten Beschreibungen der Spondylolisthese zu Neugebauers Zeiten 1881 sind bis zum Jahr 1980 nicht weniger als 2000 Veröffentlichungen zu diesem Thema erschienen, wie Zippel (250) in einer Recherche ermittelte.

## Definition und Klassifikation der Spondylolyse und Spondylolisthese

Der Begriff "Spondylolisthese" geht auf die griechischen Wörter für Wirbel = *Spondylos* und Gleiten = *Olisthesis* zurück. Das Wirbelgleiten beschreibt also jenen Zustand, bei dem ein Wirbelkörper mit den oberen Gelenk- und Querfortsätzen gegenüber den angrenzenden nach ventral abgleitet. Zumeist geschieht dieses im lumbosakralen Übergangsbereich (LWK 5 / SWK 1 und LWK 4/5), seltener in höheren Etagen der Wirbelsäule.

Nach Wiltse (239) unterscheidet man vier Formen und Subtypen der Spondylolisthese:

Typ I: Isthmische Form: Läsion in der Pars interarticularis

Typ a: Spondylolytische Form (Spondylolyse)

Typ b: Elongation der Pars interarticularis

Typ c: Erworbene Spondylolisthese

Typ d: Pathologische Spondylolisthese

Typ e: Fraktur der Pars interarticularis

Typ II: Dysplastische Form

Typ III: Degenerative Form

Typ IV: Pedunkuläre Form

Typ I: Isthmische Form: Läsion in der Pars interarticularis

Typ a: Spondylolytische Form (Spondylolyse):

Diese Form der Spondylolisthese, auch "echte" oder "wahre" Spondylolisthese genannt, kommt in ansteigender Häufigkeit von LWK 3-5, (1 % / 16 % / 83 % nach Engelhardt (52) vor und ist stets erworben. Unter einer Spondylolyse versteht man die Unterbrechung der Interartikularportion eines Wirbelbogens.

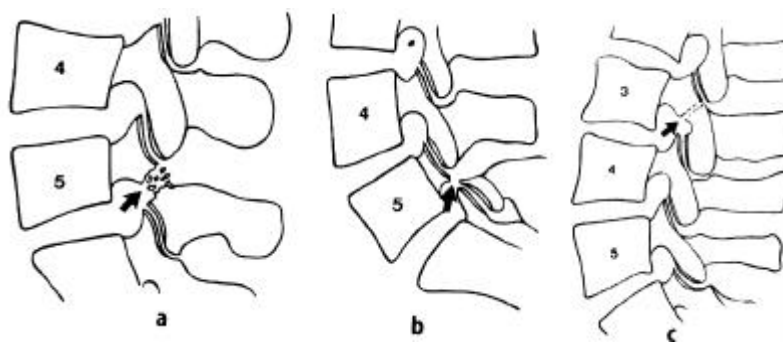


Abb. 1: Möglichkeiten der Spondylolysen und Lokationen im Wirbelbogen der LWS (aus: 52)

a: spondylolytisch b: dysplastisch c: degenerativ

Durch die bilaterale Unterbrechung oder Kontinuitätstrennung der Pars interarticularis kommt es zum Abgleiten der ventralen Anteile des meist präsakralen Lendenwirbelkörpers gegenüber dem Os sacrum. Auffällige dysplastische Veränderungen der Wirbelbögen kommen nicht vor. Ebenfalls beschrieben sind monolaterale Spondylolysen, die aber keinen echten Abrutscheffekt zur Folge haben und allenfalls durch eine kontralaterale Elongation der Interartikularportion eine Gleitstrecke vortäuschen (57, 143). Hinweise auf eine einhergehende Rotation ließen sich bei einseitigen Lysen nicht finden.

Spondylolisthesen beziehungsweise lytische Listhesen entstehen im Kindesalter, kommen aber eher selten vor dem fünften Lebensjahr vor. Über das Jugendalter bis hin zu jungen Erwachsenen steigt die Inzidenz und reicht der Beobachtungszeitraum der Erstdiagnose. Familiäre Häufungen der Spondylolisthese mit einer Inzidenz von 20-30 % sind in einigen Studien, zum Beispiel von Haukipuro 1978 (78) und Zippel 1980 (248), beschrieben worden, ebenso wie ein gehäuftes Vorkommen in bestimmten Volksstämmen (Eskimos, Lappen), was hinsichtlich der Ätiologie eventuell auf einen multifaktoriellen Erbgang schließen läßt. Im frühen bis mittleren Erwachsenenalter stabilisiert sich in der Regel der Gleitprozeß. Bisher gilt es als gesichert, daß keine kongenitale Spondylolyse existiert. Rowe und Roche kamen bereits 1953 (187) nach Durchsicht aller bis dahin publizierten und gut dokumentierten Studien zu dieser Ansicht. Diese Meinung konnte bis dato nicht widerlegt werden. Die früheste Beobachtung einer Spondylolyse wurden 1971 von Borkow und Kleiger (18) bei einem knapp vier Monate alten Säugling gemacht, Wiltse (234) beschrieb 1957 einen Fall von einem acht Monate alten Kind und Friberg (59) 1939 von zehn Monaten. Diese jungen Patienten gelten als Ausnahme, gab es doch bis 1951 insgesamt nur 13 beschriebene Fälle in der Literatur.

Die allgemeine Häufigkeit der Spondylolyse, auf deren Boden sich ein Wirbelgleiten entwickeln kann, liegt in der Bevölkerung zwischen 4 und 7 %. Entscheidend ist dabei, daß bereits eine Spondylolyse-Rate von 4,4 % im Alter von etwa sechs Jahren erzielt wird, und diese bis zum Erwachsenenalter nur um weitere 1-2% ansteigt (57). Niethard unterschied daher auch zwischen einer infantilen und adoleszenten Form der Spondylolyse (161). Ferner ergaben seine Beobachtungen, daß die infantilen

Spondylolysen viel eher zur Progression des Gleitvorganges neigen und somit eine ungünstigere Prognose aufweisen als die erwachsenen Formen.

Neuere biomechanische Untersuchungen von ihm (162) zeigen, daß die so häufig bei Spondylolyse-Patienten anzutreffende Spina bifida occulta eher ein Ergebnis, denn eine Ursache der Spondylolyse, wie Brochen (26) 1950 zunächst vermutete, ist. Schon 1959 vermutete Kammel (103) in der lumbalen Spina bifida occulta einen physiologischen Befund bei Heranwachsenden. Frederickson et al. (57) bestätigten später diese Erkenntnisse. Reduziert auf LWK 5, beobachtete er bei 18% der Kinder bis sechs Jahren eine Spina bifida occulta, aber nur bei 7 % der Erwachsenen. Es scheint, daß die Wirbelbögen im jungen Kindesalter zumeist noch nicht ossifiziert sind. Tritt nun eine Spondylolyse vor der knöchernen Verschmelzung auf, resultiert daraus eine ausgeprägte Instabilität der dorsalen Wirbelstrukturen, die einen Gleitprozeß begünstigen können.

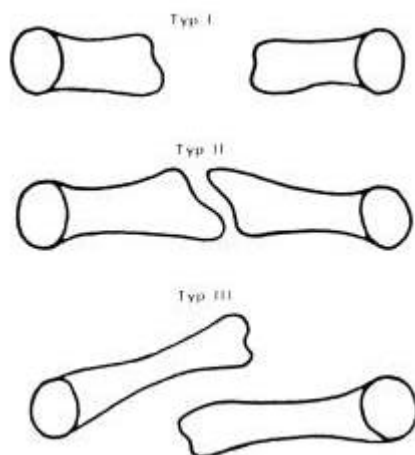


Abb. 2 : Klassifikation der gemeinsam mit einer Spondylolyse auftretenden Spina bifida occulta, Typ II und III korrelieren am häufigsten mit einer Spondylolyse (aus: 162)

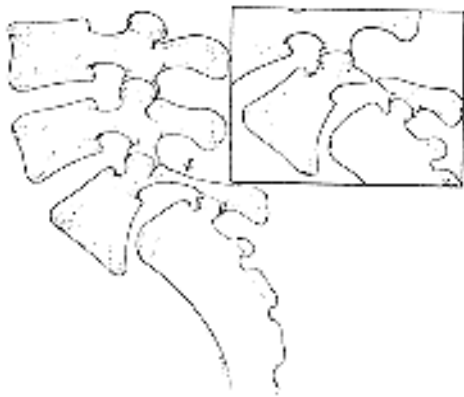
Nach Frederickson et al. (57) kann man bei Kindern mit symptomfreien Spondylolysen in bis zu 30 % eine Spina bifida occulta feststellen. Dieser Wert steigt bis zu 50 % bei symptomatischen Patienten an.

Die Inzidenz der Spondylolyse ist aber auch von lokalen und ethnischen Faktoren abhängig. Sie beträgt bei Bantu-Negern 9 %, bei Japanern 7-10 % (152) und bei Eskimos sogar 20-50 % (211). Da die überwiegende Anzahl der Autoren die Spondylolyse auf exogene Belastungen zurückführt (102, 185, 187, 234), ist es erklärbar, daß auch einige Sportler mit erhöhten Spondylolyse-Inzidenzen aufwarten: bis zu 42 % bei Kunstturnerinnen (112) oder 29 % bei Turmspringern (67). Aber auch

Rugby-Spieler und Schwerathleten zeigen immer wieder ursächliche Zusammenhänge zwischen Spondylolysen und sportlichen Belastungen (90, 205).

#### Typ b: Elongation der Pars interarticularis

Der isthmischen Form der Spondylolisthese ohne Spondylolyse liegt die Verlängerung des seitlichen Wirbelbogens zugrunde.



Es liegt keine Kontinuitätsunterbrechung in der Pars interarticularis vor. Um einen Gleitvorgang nach ventral zu bewirken muß das Phänomen bilateral vorliegen. Hierbei kann es zu radikulären S1-Läsionen und zur Kompression der Cauda equina von dorsal kommen, welches ein spastisches Gangbild und das Symptom der Hüftlendenstrecksteife bei Kindern verursachen kann.

Abb. 3: Elongation in der Pars interarticularis (aus: 237)

#### Typ c: Erworbene Spondylolisthese

#### Typ d: Pathologische Spondylolisthese

#### Typ e: Fraktur der Pars interarticularis

Durch Überlastungsmechanismen an Wirbeln, die an zuvor fusionierte Wirbelsäulenabschnitte kaudal grenzen, kann es zu iatrogenen Spondylolisthesen kommen.

Ferner können Systemerkrankungen des Knochens ebenfalls zu Gleitprozessen führen. Hierzu zählen beispielsweise die generalisierte Osteoporose, die Osteogenesis imperfecta, der Morbus Paget oder die Osteopetrose.

Akute, schwere Traumata der lumbalen Wirbelsäule können eine echte, symmetrische Fraktur des Wirbelbogens bewirken. Nur isolierte Frakturen der Pars interarticularis, die eine Ventralverschiebung zur Folge haben, dürfen nach der Nomenklatur "traumatische" Spondylolisthesen genannt werden.

### Typ II: Dysplastische Spondylolisthese

Diese der Spondylolisthese zugrunde liegende Erkrankung ist als einzige angeboren und kommt ausschließlich am fünften Lendenwirbelkörper vor. Es handelt sich um eine Veränderung in der Ebene der kleinen Wirbelgelenke des lumbosakralen Übergangsbereiches. Diese liegen, zusammen mit einer stark elongierten Pars interarticularis, vermehrt horizontal und können eine schmerzlose, aber häufig von neurologischen Störungen begleitete Olisthese begünstigen (S1-Syndrom, Cauda equina-Syndrom). Der Gleitprozeß kann bereits im Kindesalter Olisthesen bis zur Spondyloptose verursachen.

### Typ III: Degenerative (Pseudo-)Spondylolisthese

Diese Form der Spondylolisthese, vom Erstbeschreiber Junghans (101) 1929 auch "Pseudo-Spondylolisthese" genannt, stellt eine eigenständige Krankheitsform dar. Sie ist gekennzeichnet durch eine degenerative Arthrose der Wirbelgelenkfacetten und fortgeschrittene Degeneration der Bandscheibe. Die degenerative Spondylolisthese manifestiert sich fast ausschließlich am vierten Lendenwirbelkörper, mit wenigen Ausnahmen auch in der Etage LWK 5 / SWK 1 und LWK 3 / 4. Entscheidend in der Differentialdiagnose zu anderen Olistheseformen ist das Fehlen eines Lyseprozesses oder Spondylolysespaltes in der Interartikularportion des Gleitwirbels. Es handelt sich hier um eine pathologische Instabilität eines gesamten Bewegungssegmentes, welche eine zunehmende Vergrößerung des Wirbelbogenwinkels (Winkel zwischen Wirbelbogenwurzel und Achse der unteren Gelenkfortsätze) zur Folge hat. Durch Mikrotraumen und ständiges Remodeling im Gelenkkomplex kommt es zum ventralen Gleitprozeß.

Arthrotischer Komplex, Verringerung der Zwischenwirbelhöhe, ventraler Gleitvorgang und Tonusverminderung des Ligamentum flavum können in der Entwicklung einer Spinalkanalstenose münden und Wirbelkanal, laterale Rezessus sowie die Neuroforamina betreffen.

Es ist bemerkenswert, daß Frauen allgemein fünf- bis sechsmal häufiger von dieser Krankheitsform betroffen sind als Männer. Rosenberg und Mitarbeiter (185) sehen den Grund dafür in hormonellbedingten Bänder- und Bindegewebsschwächen.

Klinisch fallen die Patienten durch lange und schwere Rückenschmerzanamnesen auf. Sehr häufig kommt es zu ein- oder beidseitigen radikulären Beinschmerzen bis hin zur neurogenen Claudicatio spinalis, wenn zum Beispiel eine Spinalstenose vorliegt und eine Kompression der Nervenwurzel L5, seltener auch L4, existiert. Die Patienten berichten über Beschwerden in aufrechter Körperhaltung und beim Gehen sowie typischerweise über eine Schmerzzunahme bei Extension der Wirbelsäule. Hierbei kommt es zur physiologischen Verengung des Spinalkanals. Linderung erfahren die Betroffenen in



entlordosierenden Positionen, wie zum Beispiel im Liegen, bei Flexion der Wirbelsäule oder durch Oberkörperabstützung bzw. Anlehnung an geeignete Gegenstände.

Die Mehrheit der Patienten mit symptomatischer Spinalkanalstenose und degenerativer Spondylolisthese lässt sich konservativ unter Ausschöpfung aller balneophysikalischer, krankengymnastischer und medikamentöser Möglichkeiten behandeln. Lediglich Patienten, die konservativ ausbehandelt sind und persistierende, radikuläre Beschwerden, fortschreitende neurologische Ausfälle oder deutliche Beeinträchtigungen im täglichen Leben vorweisen, stellen eine Indikation zur operativen Intervention dar (135). Methode der Wahl ist die Laminektomie zur Dekompression der Nervenwurzeln in Kombination mit einer posterolateralen Spondylodese. Diese kann durch die Einbringung eines Fixateurs internes oder andere geeignete Instrumentarien ergänzt werden, wodurch deutlich höhere Fusionsraten zu erzielen sind, wie eine Meta-Analyse der Literatur zu diesem Thema von Martjetko et al. 1994 ergeben hat (136). Eine Reposition ist zumeist bei degenerativen Spondylolisthesen nicht notwendig, da keine größeren Dislokationen vorliegen.

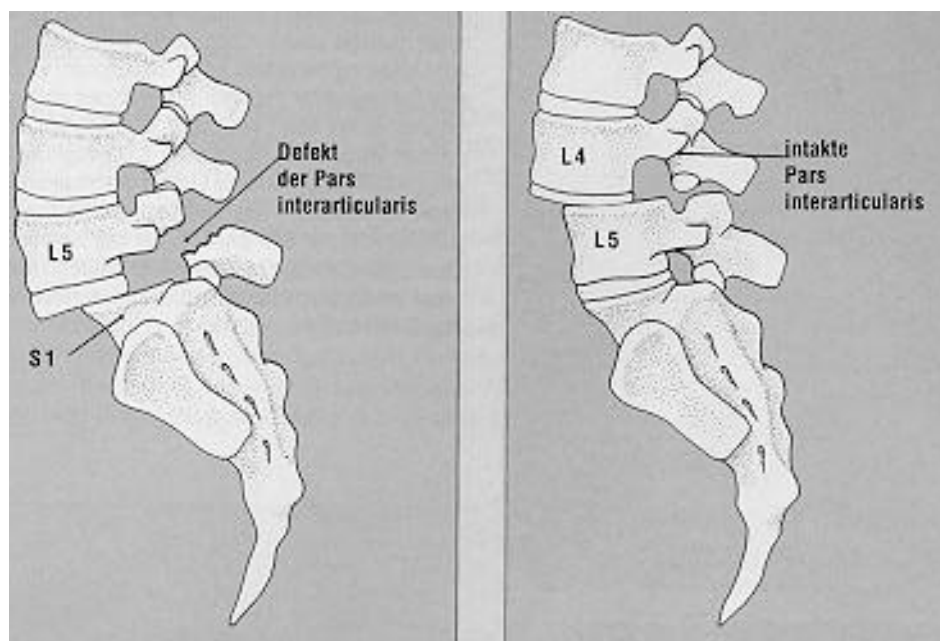


Abb. 4: „wahre“ Spondylolisthese links und Pseudo-Spondylolisthese rechts (aus: 65)

#### Typ IV: Pedunkuläre Spondylolisthese

Bei der pedunkulären Form der Spondylolisthese entsteht der Gleitvorgang durch eine meist traumatisch bedingte Fraktur der Wirbelbogenwurzel oder durch eine Elongation der Bogenwurzel bei Systemerkrankungen.

## Pathogenese der spondylolytischen Spondylolisthese

Seit Bekanntwerden der Spondylolisthese im letzten Jahrhundert gab es unzählige, zum Teil recht kontroverse, Untersuchungen, Veröffentlichungen und Diskussionen über deren Ätiologie. Darunter finden sich gewagte Theorien über avaskuläre Nekrosen der Pars interarticularis von Jaeger 1935 (95) oder Vermutungen über die Existenz großer ossärer Foramina für die Blutgefäße des Wirbels durch Miles 1975 (149).

Grob zusammenfassend bildeten sich zwei Meinungslager heraus: Zum einen wird eine entwicklungsbedingte Dysplasie genannt, in deren Verlauf es zu Störungen im Ossifikationsmuster der Wirbelbogenlamina kommt und sich somit die der Olisthese zugrundeliegende Lysezone entwickelt. Die zweite Gruppe hingegen lehnt die kongenitale Theorie ab und favorisiert die Annahme einer traumatischen Genese der Spondylolisthese.

Die Theorie einer anomalen oder irregulären Ossifikation basierte bereits 1859 auf Beobachtungen Schwegels (199), wonach beim heranwachsenden Fetus zwei Knochenkerne pro Wirbelbogen vorkommen können. Danach könnte eine mißglückte Fusion der Ossifikationszentren im weiteren Wachstum die Ursache einer Spondylolyse sein, folgerte dieser. In zahlreichen Studien aus den folgenden Jahrzehnten konnte jedoch von mehreren Gruppen, zum Beispiel um Töndury 1940 (224) oder Mutch und Walmsley 1956 (157), histologisch gezeigt werden, daß die kongenitale Theorie um die enchondrale Verknöcherung eher unwahrscheinlich ist. Feingewebliche Untersuchungen fetaler, lumbaler Wirbel erbrachten ein perichondrales Ossifikationsmuster in der Interartikularportion. Dieses entspricht somit der Verknöcherung der Diaphyse eines langen Röhrenknochens. Sogar Wiltse (237) revidierte 1975 seine Schlußfolgerung von 1957 (234), in der er zunächst formulierte, "the lesion in the pars results from dissolution of continuity of the bone due to a congenital weakness at this point", zugunsten der traumatischen Hypothese.

Verschiedene Berichte und Untersuchungen deuten auf mechanische Faktoren bei der Entstehung der Spondylolyse hin, besonders wenn man die alleinige Entstehung im Kindes- und Jugendalter bedenkt. Mit dem Beginn des aufrechten Ganges, zunehmenden Körperwachstums und -gewichts kommt es zu statischen Umstellungen im lumbosakralen Übergangsbereich. Es resultieren vermehrte Druck-, Scher- und Reibungskräfte, bedingt vor allem durch den steigenden Neigungswinkel zwischen der Deckplatte von SWK 1 zur Horizontalen.

Hier setzte bereits 1932 Meyer-Burgdorff (146) an, indem er in seinem trophostatischen Erklärungsmodell "die Lyse als Ermüdungsbruch im Sinne Looser'scher Umbauzonen (...)" wertete. Durch fortwährende Belastungen und Beanspruchungen sind Fissuren und Mikrofrakturen die Folge. Die sich entwickelnde komplette Kontinuitätsdurchtrennung in der Pars interarticularis wäre somit Ausdruck einer sogenannten "stress- oder fatigue-fracture". Zippel und Runge (250) führten 1976 eigene Beobachtungen an Kindern durch. Anhand histologischer Untersuchungen der kindlichen Lyse- bzw. Olisthesezonen kamen sie ebenfalls zu der Schlußfolgerung eines Überlastungsschadens in der wachsenden Interartikularportion. Sie unterschieden Initial- und Umbauphase, der sich eine

Heilungsphase oder aber die pathologische Konsolidierungsphase mit Defektheilung anschließen. Zippel und Runge (250) deuteten den Defekt schließlich als fibröse Pseudarthrose.

Hinsichtlich möglicher Ursachen für die Entstehung einer Lyse ist die Annahme einer Streiß- oder Ermüdungsfraktur in der Forschung nun verbreitet und weitgehend akzeptiert. Die Lyse kann inkomplett oder total, einseitig oder beidseitig auftreten, wobei es natürlich sehr schwierig ist, inkomplette Lysen klinisch und radiologisch zu diagnostizieren, da sie meist keine Symptome verursachen.

In einer sehr interessanten Studie von Charles F. Merbs (143) wurden 400 prähistorische, gut erhaltene kanadische Eskimoskelette auf lumbale Spondylolysen untersucht.

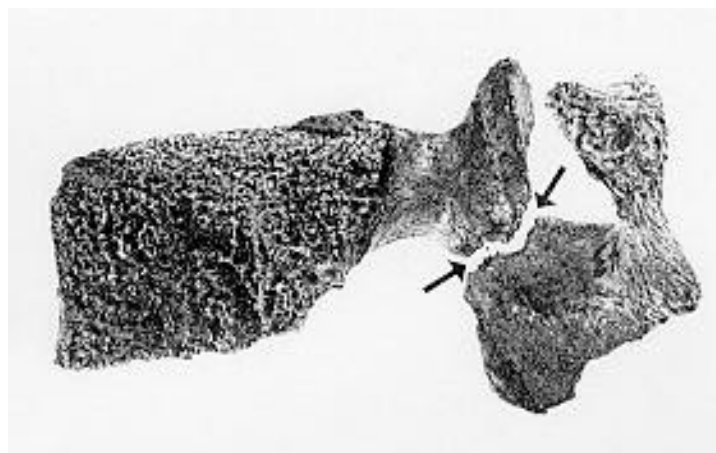


Abb. 5: komplette Spondylolyse von LWK 4: An den Pfeilen sind kleine ossäre Spitzen zu erkennen, die auf einen früheren "Reparations"-Kontakt schließen lassen. (aus: 143)

Bei dieser epidemiologisch häufig betroffenen Bevölkerungsgruppe konnten 51 Individuen mit eindeutig identifizierbaren Lysen untersucht werden, davon 39 bilateral und 27 unilateral betroffene Wirbel. Er fand heraus, daß sich komplette und inkomplette Lysen signifikant unterschiedlich verteilen. Die unvollständigen Fälle ließen sich fast ausschließlich bei den 12- bis 30jährigen nachweisen. Die Folgerung war, daß sich bis zum Erwachsenenalter die inkompletten Lysen zu vollständigen weiterentwickeln, beziehungsweise, wie anhand von Kallusbildungen vereinzelt demonstriert werden konnte, auch Heilungsverläufe beobachtet werden konnten. Mögliche Erklärungsansätze für die deutliche Abnahme der inkompletten Lysen im Alter liegen zum einen bei der geringer werdenden körperlichen Belastung und, wie Cyron und Hutton (35) dazu bemerkten, in der Tatsache, daß die Bandscheiben im Jugendalter viel elastischer sind und somit größere Scherkräfte auf die unteren Gelenkfacetten wirken können. Andere Autoren beschrieben ebenfalls Fälle von geheilten Spondylolysen, sowohl an Skelettfunden als auch bei nachuntersuchten Patienten mit Heilungsverläufen nach strikter Immobilisation. Sogar Spontanheilungen kompletter Lysen sind beobachtet worden, wie man den Eskimostudien Merbs' entnehmen kann, unterstellt man, daß es vor 1200 v. Chr. keinen Nachweis eines irgendwie gearteten Mieders oder Korsetts aus dieser Kultur gibt.

Und auch Wiltse (237) beobachtete 1975 bei 12 von 17 Jugendlichen eine Spontanheilung der Spondylolyse nach Immobilisierung im Lendenmieder.

Bereits 1911 wurden von Barclay-Smith (10) erste Hinweise auf eine mechanische, beziehungsweise traumatische Genese der Spondylolyse gegeben. Dieser jedoch arbeitete nur das aus, was Neugebauer schon 1881 (158) in seiner der heutigen Klassifikation der Spondylolisthese schon recht ähnlichen Fassung unter Typ IB verstand: "traumatic, by fracture, fissure, incomplete injury, callus deformation, insufficient callus etc". 1947 folgte Roberts (182) mit der Theorie der "Marschfraktur", welche später, 1959 durch Newman et al. (159) aufgegriffen, an Rekruten, die oft schwere Rucksäcke tragen mußten und eine höhere Spondylolyse-Inzidenz zeigten, unterstützt wurde. 1968 erschien Murrays und Colwills (156) Artikel "Stress fractures of the pars interarticularis". Sieben Jahre später bestätigten Wiltse et al. (237) diese Arbeit durch ähnliche Ergebnisse.

Nach heutiger Kenntnis faßt Zippel (249) die Entwicklung der Spondylolyse als pathologischen Ermüdungsschaden des wachsenden Skeletts durch ein Zusammenwirken genetischer und exogen mechanischer Faktoren auf.

Biomechanische Untersuchungen ergaben in diesem Zusammenhang gerade bei Hochleistungssportlern bestimmter Sportarten eine besondere Häufung von spondylolytischen Spondylolisthesen. Blackburne (14) wies eine gesteigerte Inzidenz von 13,5 % bei Leistungssportlern nach, im Gegensatz zur 4-bis 7 % -Inzidenz in der Normalbevölkerung. Hierbei kommen Disziplinen mit ausgeprägten Stoß- und Sprungbelastungen, zum Beispiel Kunstturnen, Gewichtheben, Tennis oder Leichtathletik in Betracht, wie einige Arbeitsgruppen Anfang der neunziger Jahre eindrucksvoll nachwiesen (67, 90, 186, 242).

In einer von Recknagel und Witte (179) 1996 publizierten Studie wurde sogar das Modell der Wirbelsäule als doppel-S-förmige Biegefeder beweiskräftig abgelehnt. Die alte Annahme, daß axiale Belastungskräfte zu verstärkten Krümmungen der aufeinanderfolgenden Lordosen und Kyphosen führen und somit eine physiologische Abfederung erwirken, konnte am in-vivo-Modell biomechanisch widerlegt werden. Nach axialen Stößen, wie sie zum Beispiel bei Sprunglandungen im Sport erfolgen, kommt es im lumbosakralen Übergangsbereich zu erheblichen nach kranial und dorsal gerichteten Beschleunigungswerten, die leicht ein Mehrfaches der Erdbeschleunigung erreichen können. Die einfließenden Kräfte werden über die kleinen Wirbelgelenke als Schub- oder Scherbelastung in den Wirbelbogen übertragen, und zwar genau zwischen unterer und oberer Gelenkfacette. In dieser Richtung liegt exakt der Spondylolysespalt in der Interartikularportion des Wirbelbogens.

Zur weiteren Stärkung der Annahme wesentlicher mechanischer Faktoren bei der Entstehung einer Spondylolyse sind in den letzten Jahren viele experimentelle Arbeiten veröffentlicht worden. Ziel war es stets, eine Fraktur im Isthmusbereich durch exogene, mechanische Krafteinwirkung in vitro, am frischen Leichenpräparat, hervorzurufen. Häufig waren jedoch die Versuchsanordnungen statisch nicht auf die in vivo - Bedingungen übertragbar. In anderen Versuchsreihen, wie zum Beispiel von Lamy et

al. (120) gelang es zwar Frakturen der Pars interarticularis zu erzeugen, im selben Ausmaß jedoch kam es auch zu Pedikelfrakturen. 1981 widmeten sich Suezawa und Jacob (216) ebenfalls dieser Problemstellung und führten Versuche an frischen und mazerierten Wirbelsäulenpräparaten durch. Zunächst fanden sie, wie schon Weis 1975 (231), daß axiale Druckbelastungen fast vollständig von der Bandscheibe aufgenommen wurden und es unmöglich erschien, auch bei maximaler Scherkrafteinleitung eine Fraktur im morphologisch gesunden Isthmusbereich zu erzeugen. Die transversalen Belastungsanteile flossen hauptsächlich über die dorsalen Anteile des Wirbels. In weiteren Studien untersuchten sie dann axiale Belastungsverhältnisse unter verschiedenen physiologischen Bewegungsrichtungen, wie Flexion oder Extension der gesamten Wirbelsäule. Hierbei wurden die einwirkenden Kräfte an den Bogenwurzeln und im Isthmusbereich mit Dehnungsmeßstreifen aufgezeichnet. Es zeigte sich, daß fast alle Druck- und Zugdehnungen im Pedikelbereich höher ausfielen als im Isthmus. Lediglich, und das war erstaunlich, unter der Belastungsart, die der Extension mit axialer Belastung entspricht, kam es zu einer höheren Zuglast in der Interartikularportion als im Pedickel. Unter 7 bis 15° Extension und axialen Kräften zwischen 200 und 1200 kp konnte bei allen Präparaten eine isolierte Isthmusfraktur provoziert werden. Wie war das zu erklären? Die Lendenwirbelsäulen wurden soweit in die Dorsalextension gebracht, daß die kaudalen Anteile der unteren Gelenkfortsätze von LWK 4 auf die Lamina der Pars interarticularis von LWK 5 drückten und eine Fraktur bedingten. Der Drehpunkt verschob sich bei der Extension der Wirbelsäule aus der Bandscheibenmitte, dem physiologischen Zentrum, dorsalwärts. Bei Hyperextension kam es zum Kontakt der Gelenkfortsatzspitze mit dem Isthmus des nächst kaudaleren Wirbels. Jetzt war der Dreh- und Belastungspunkt zu hundert Prozent auf die Gelenkfacetten zugewandert.

Bei Überbelastung kann somit eine Fraktur resultieren. Weitere pathologische Ausgangsbedingungen am Menschen, wie eine bestehende lumbale Hyperlordose oder eine fortgeschrittene Bandscheibenverschmälerung, können diesen Prozeß verstärken und beschleunigen.

## **Klinik: Beschwerdebild und körperliche Untersuchungsbefunde**

Die Häufigkeiten der Spondylolyse und der Spondylolisthese in der Allgemeinbevölkerung variieren je nach Untersucher. Für die Lyse in der Interartikularportion gelten Häufigkeiten zwischen 4 bis 7 % (57, 153, 228). Die Inzidenz der Spondylolisthese, gleich welcher Genese, wird in der Literatur mit 2 bis 10 % angegeben, zum Beispiel von George 1939 (61) oder Ghormley 1958 (63). Es ist daher nicht exakt zu formulieren, wie viele Patienten mit einer Spondylolyse tatsächlich ein konsekutives Wirbelgleiten entwickeln.

Klar hingegen erscheint die Tatsache, daß weder alle Spondylolyseträger noch alle Spondylolisthesepatienten klinisch auffällig werden und leiden. In nur etwa 10 % der Fälle werden Patienten mit einem Wirbelgleiten symptomatisch und behandlungsbedürftig. Obwohl die große Mehrheit niemals einen Arzt benötigt, sind es gerade diese 10 % der Betroffenen, die ein vielschichtiges Beschwerdebild präsentieren, welches zum Teil bis zur völligen Inaktivität und Erwerbsunfähigkeit reicht. Dabei ist festzustellen, daß kein direkter Zusammenhang zwischen Schwere der subjektiven und objektiven Symptome und dem Ausmaß der Spondylolisthese existiert.

Die Dauer der Schmerzanamnese beträgt häufig mehrere Jahre. Selbst die Zeitspanne zwischen Beschwerdebeginn und erstem Arztkontakt ist recht lang, da Rücken- und Kreuzschmerzen oft als "Bagatell-Leiden" von Patienten und Angehörigen betrachtet werden. Gerade die Leiden jugendlicher Patienten werden zunächst verkannt und die Symptomatik als Wachstumsschmerz bewertet. Die anfänglichen Rückenschmerzen sind zumeist tatsächlich nur leicht, meistens nicht weiter beeinträchtigend und zeigen häufig einen intermittierenden Charakter mit längeren beschwerdefreien Intervallen. Bei geringen Olisthesen sind Haltung und Gangbild des Patienten zumeist auch unauffällig. Gelegentlich wird der Schmerzbeginn seitens des Patienten auch mit einem mehr oder minder ausgeprägten Trauma in Zusammenhang gebracht. Diese Tatsache stellt jedoch weniger einen ätiologischen Aspekt dar, als vielmehr ein Ereignis, an welches sich die Betroffenen einfach gut erinnern können.

Die Schmerzlokalisation macht selten Schwierigkeiten. Der untere Lumbal- bzw. Lumbosakralbereich sind betroffen. Es besteht häufig eine lokale Druckschmerzhaftigkeit der Dornfortsatzreihe. Zunächst beobachtet man eher lumbalgieforme Beschwerden, die maximal bis zur kranialen Lendenwirbelsäule reichen und auf das obere Gesäß beschränkt bleiben. Da sie ganz wie die entsprechende Symptomatik einer Bandscheibenprotrusion oder eines Prolapses in Erscheinung treten, wird die eigentliche Ursache manchmal verkannt. Eine ausgeprägte Ischialgie beziehungsweise echte radikuläre Beschwerden sind eher selten und treten meist erst nach längeren Verläufen auf. Ein häufiges Symptom ist die Verspannung der ischiokruralen Muskulatur, welches als Pseudolasègue-Zeichen imponiert. Morgendliche Schmerzgipfel und eine langsam über den Tag zunehmende Beschwerdesymptomatik, gefördert durch dynamische Belastungen bei Hebe-, Trage- und

Bückerarbeiten sowie lange statische Überlastungen beim Stehen und Sitzen, bestimmen das Krankheitsbild. Im Vordergrund stehen pseudoradikuläre Symptome, die häufig beiderseits auftreten. Eine klassische Dermatombzuordnung ist daher nicht möglich. Neben den Rücken- und Beinschmerzen können mit fortschreitender Krankheit auch Sensibilitätsstörungen hinzukommen, die mit Eigenreflexabschwächungen oder sogar motorischen Ausfällen einhergehen können. Diese Symptome sollten dann als Radikulopathie gewertet werden. In Fällen echter Nervenwurzelkompressionen und spinaler Stenosen kommt es zu Paresen bestimmter Muskelgruppen, Sphinkterstörungen und Impotenzerscheinungen bei Männern. Persistierende, radikuläre Beschwerden zeigen oft einen zunächst schleichenden Beginn, bekommen aber im Krankheitsverlauf fortschreitend an Bedeutung und Intensität zu. Die Differenzierung zu diskogenen Schmerzen ist sehr wichtig und sollte mit geeigneten bildgebenden Verfahren angestrebt werden. Als Ursache der Radikulopathie bei einer spondylolytischen Spondylolisthese ist zum Beispiel hypertrophiertes Pseudarthrosengewebe in der Lysezone anzusehen. Es kann eine Kompression der ventral der Lyse verlaufenden Nervenwurzel gegen den Wirbelkörper im lateralen Rezessus resultieren, die mit der Zeit deutliche motorische und sensible Störungen zur Folge haben könnte. Die motorischen Zeichen bestehen in einem allgemeinen Schwäche- und Schweregefühl der Beine, das zu einer Gangunsicherheit und alle Qualitäten treffenden Gefühlsstörungen führen kann.



Erst höhergradige Spondylolisthesen (>50 %) können typische Haltungsänderungen hervorrufen. Es kommt zur kompensatorischen Aufrichtung des Beckens mit einer Steilstellung des Sakrums. Ab einem gewissen Gleitgrad verändert sich das Aussehen der Olisthese: Nach dem deckplatten-parallelen Gleitprozeß geringerer Dislokationen erfolgt eine ventrale Abkipfung des Gleitwirbels. Die lokale lumbosakrale Kyphose wird durch eine maximale Hyperlordose der höher gelegenen LWS und der angrenzenden BWS ausgeglichen. Das Vollbild der Symptomatik resultiert in der Unfähigkeit, Hüften und Knie im Stand zu strecken und die extreme Verspannung der Ischiokruralmuskulatur mündet in die Hüftlendenstrecksteife.

Abb. 6: Körperhaltung bei ausgeprägter Spondylolisthese (aus: 194)

Die echten Spondylolisthesen sind auch als *isthmische* Spondylolisthesen und seit langem als Ursache lumbaler Stenosen und neurogener Claudicatio intermittens bekannt. Hierbei kommen vorrückende ventrale Wirbelbogenanteile oder eine Hypertrophie des Ligamentum flavum in Betracht.

Häufiger sind jedoch, wie bereits erwähnt, Stenosingen des lateralen Rezessus anzutreffen. Außer dem komprimierenden Pseudarthrosengewebe führt Benini (12) Bandscheibenvorfälle und dorsal komprimierende Wirbelbogenanteile an. Es kann zum Bandscheibenprolaps kommen, da durch den Spalt in der Pars interarticularis korrigierende Mikrobewegungen des entsprechenden Segmentes nicht möglich sind. Einrisse des Annulus fibrosus mit konsekutivem Vorfall von Bandscheibengewebe wären die Folge. Eine dorsale Kompression auf die kaudale, seltener auch die kraniale Nervenwurzel, kann durch den dorsal verbliebenen Wirbelbogenanteil des Gleitwirbels entstehen. Betrachtet man beispielsweise die häufig betroffene Etage LWK 5 / SWK 1, so können Verwachsungen, fibröse Stränge und Osteophyten die zwei Wurzeln an den ventralwärts gleitenden Teil des Wirbelkörpers fixieren und somit einen Zug auf die Nervenwurzeln ausüben. Die Wurzel S1 wäre an der hinteren Kante von SWK 1 dadurch komprimiert und geschädigt. Durch eine weiterhin mögliche kaudale Abkipfung des dorsal stehenden Gleitwirbelfragments können die L5- und S1-Wurzel zusätzlich bedrängt werden.

Diese Pathomechanismen mögen auch als Erklärungsmodell dafür dienen, daß häufig nur geringe Gleitgrade bei einigen Betroffenen doch eine ausgeprägte radikuläre Symptomatik zur Folge haben.

Bei der Untersuchung weiterer Aspekte in der Genese des chronischen Rückenschmerzes bei Spondylolisthese-Patienten wird in der Literatur oft auf die Bedeutung der segmentalen Instabilität hingewiesen, zum Beispiel durch Suezawa und Jacob 1992 (216). Statische und dynamische Komponenten haben im Gesamtgefüge der lumbalen Wirbelsäule und besonders im olisthetischen Segment einen besonderen Einfluß. Die Gesamtheit der Wirbelsäulenverspannung mittels Bändern und Muskeln spielt eine entscheidende Rolle in der Stabilisierung des aufrechten Ganges zu. Unter physiologischen Bedingungen sorgen die Vielzahl der beteiligten Muskelgruppen, die Bandscheiben und Wirbelgelenke eines jeden Bewegungssegmentes für einen schmerzfreien aufrechten Gang. Bei der Spondylolisthese ist eine Etage des Gefüges in Bewegungsart und -umfang gestört; es entsteht eine segmentale Instabilität. Je nach Körperhaltung und Belastungsart ändert sich der Bewegungsumfang des instabilen Segmentes. In liegender Position ist die meßbare Ventrolisthese durch die Entlordosierung der Lendenwirbelsäule am geringsten, zumal das axiale Eigengewicht des Oberkörpers fehlt, welches bereits im Stand bei Flexion der Wirbelsäule für einen höheren Meßwert sorgt. In aufrechter Position des Körpers mit reklinierter, das heißt extendierter Haltung, und unter axialer Zusatzbelastung mit einem Extragewicht von 20 kg ist die größte Gleitstrecke zu messen. Genau dieses sind auch die Bedingungen, die eine Spondylolyse, wie oben beschrieben, in ihrer Entstehung begünstigen.

Neben der unphysiologischen dorsoventralen Bewegungsrichtung des olisthetischen Wirbelkörpers ist außerdem der Rotationsumfang des lumbalen Segmentes erhöht. In dreidimensionalen Röntgen- und Computertomographie-Analysen ermittelten Mimura et al. (151) 1990 eine vermehrte Rotation von ca. 10° bei betroffenen Wirbeln. Das normale, anatomisch limitierte Ausmaß der Rotation bei nicht-olisthetischen lumbalen Segmenten liegt hingegen nur bei 1 bis 2°.



Klinik und Einzelsymptome sind bei Spondylolisthese-Patienten lange bekannt und beschrieben. Hingegen ist die genaue Lokalisation des schmerzauslösenden anatomischen Korrelats längst nicht so einfach. Insbesondere trifft das zu, wenn der Patient eher über lumbalgieforme, schwer zuortbare Schmerzen klagt und noch kein oder nur ein minimaler Gleitprozeß zu diagnostizieren ist. Einer häufig gestellten Frage, ob die Spondylolyse selbst Schmerzen verursachen kann, ist bisher nur wenig nachgegangen worden. In einer Studie aus dem Jahre 1995 hierzu untersuchten Schneidermann et al. "The Pars Defect as a Pain Source" (196). Obwohl bereits andere Autoren die lytische Pars interarticularis als mögliche Schmerzursache ansahen, zum Beispiel berichteten Eisenstein et al. 1994 (50) über Neuropeptide und immunreaktive Nervenfasern im Spondylolysedefekt, war dies die erste Arbeit, die histologisch den Nachweis freier Nervenendigungen in der Defektzone symptomatischer Patienten mit einer Spondylolyse erbrachte. Während spinaler Fusionsoperationen wurden die zu untersuchenden Gewebeproben direkt aus dem Pars-Defekt entnommen und für die mikroskopische Untersuchung fixiert. Neben fibrösem, narbigem Bindegewebe, welches als Pseudarthrosengewebe interpretiert wurde, fanden sich in unterschiedlichem Ausmaß unmyelinisierte Nervenfasern, die in freien Nervenendigungen mündeten sowie kleine myelinisierte Axone. Diese freien Nervenenden haben nociceptive Funktionen und können als Ursache chronischer Rückenschmerzen angesehen werden. Hingegen fanden sich keine Hinweise auf gekapselte Nervenendigungen, typisch für Mechanorezeptoren, wie sie aus den Gelenkkapseln der zervikalen und lumbalen Wirbelsäule bekannt sind. Anzeichen akuter oder chronischer entzündlicher Reaktionen und Hinweise auf Granulationsgewebe konnten nicht nachgewiesen werden.

Eine deutliche Schmerzlinderung nach der probatorischen, gezielten Injektion eines Lokalanästhetikums in die Pars-Region bestätigen den Verdacht, daß der Schmerz durch die Lysezzone verursacht wird. Dieser einfache diagnostische Test kann somit wertvolle Informationen in der Evaluierung und Differentialdiagnose von chronischen Rücken- und Kreuzschmerzen bringen (218).

## Diagnostik

### **1. Radiologische Diagnostik - Röntgen**

Die Diagnose der Spondylolisthese stützt sich im wesentlichen auf den radiologischen Nachweis, da eine unspezifische Klinik die differentialdiagnostische Abgrenzung zu Lumbalgien anderer Genese oder einen Bandscheibenvorfall nicht zuläßt. Art und Ausmaß der Behandlung sind ebenfalls ohne bildgebende Verfahren nicht zu planen und durchzuführen. Neben der körperlichen, orthopädisch-neurologischen Untersuchung bei Verdacht auf ein lumbales Wirbelsäulenleiden sind zu Beginn der Diagnostik zunächst immer die Nativröntgenbilder der Wirbelsäule von Interesse. Eine aussagekräftige Übersicht erhält man durch Standardaufnahmen im anterior-posterioren Strahlengang sowie im lateralen Profil. Der Untersucher kann sich mit wenigen Blicken über Morphologie und Anzahl der Lendenwirbel informieren. Sein Augenmerk wird sich insbesondere richten auf:

- kongenitale Fehlbildungen, z.B. Bogenschlußstörungen oder Blockwirbel
- Sakralisation und Lumbalisation
- lordotische und skoliotische Wirbelsäulenverbiegungen
- Zwischenwirbelraumverschmälerungen
- Osteochondrosen / Osteophyten / Spondylophyten
- Impressionen / Frakturen / Osteoporose
- Spondylolysen und Spondylolisthesen oder andere Wirbelfehlbildungen

Die Nativbilder sollten stets am stehenden Patienten durchgeführt werden, da nur so das Ausmaß der Gefügelockerung bzw. der Gleitstrecke bei einer Spondylolisthese korrekt beurteilt werden kann. Im Liegen kommt es häufig zu einer Korrektur des Gleitweges oder einer Kippstellung des olisthetischen Wirbels, wie Lowe et.al 1976 (130) in einer Studie zeigen konnten. Nicht selten treten Veränderungen auf, die in der Klassifizierung nach Meyerding (I-IV) (147) bis zu einem Schweregrad ausmachen können.

Gerade zur Quantifizierung der Dislokationsstrecke ist es wichtig, die Profilaufnahmen der Lendenwirbelsäule im exakt seitlichen Strahlengang anzufertigen. In einer Untersuchung von Löwe und Eysel 1996 (131) konnte gezeigt werden, daß bereits eine geringe axiale Rotationsabweichung des Patienten bei der Röntgenaufnahme zu Meßfehlern bei der projizierten Gleitstrecke führt. Bei nur 10 bis 15° Abweichung vom streng seitlichen Strahlengang resultieren Zunahmen der Dislokation von durchschnittlich vier Millimetern, unabhängig von der Etage und Schwere der Spondylolisthese. Zu erklären ist diese scheinbare Zunahme der Gleitstrecke mit der elliptischen Form der Lendenwirbelkörper, die bei der Rotation eine Fehlprojektion zur Folge haben (siehe Abb. 7).

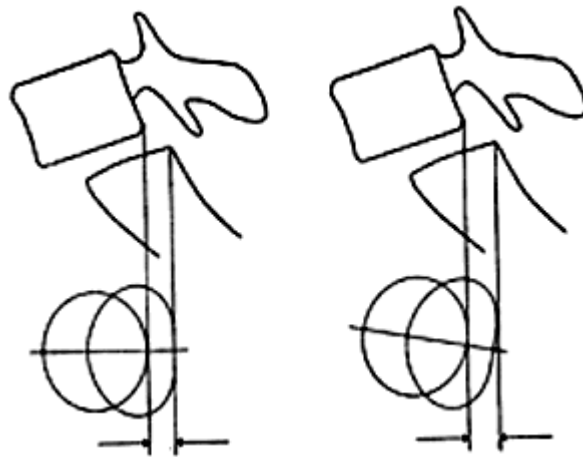


Abb.7 : exakt seitliche Ansicht (links) und bei 10° Verdrehung (aus: 131)

Bei der spondylolytisch bedingten Olistheseform ist auf den Seitenaufnahmen möglicherweise bereits der Lysespalt in der Interartikularportion zu erkennen, während sich die normal erscheinenden Wirbelgelenke in normaler, physiologischer Stellung zueinander befinden. Bei Verdacht auf eine Spondylolyse oder zur genaueren Darstellung derselben sollten zwei weitere Röntgenaufnahmen der Lendenwirbelsäule im schrägen (45°-) Strahlengang angefertigt werden. Bei dieser Aufnahmetechnik liegt der Patient um 45° ventralwärts in der Längsachse verkippt. Die Kassette wird an der abzubildenden Körperseite angelegt. Mit einem 12° -kaudokranialen Einfallswinkel des Zentralstrahls wird die Aufnahme angefertigt. Um einen exakt orthograden Strahlengang zu erhalten, sollte diese Untersuchung nicht am stehenden Patienten durchgeführt werden.

In der zweidimensionalen Projektion der Schrägaufnahmen erscheinen die Wirbel als "terrierartige" Hundefigur auf dem Röntgenbild. Die Lysezone, gut erkennbar, imponiert als dunkles "Hundehalsband". Die "Schnauze" wird durch den Processus costarius, das "Ohr" durch den oberen Gelenkfortsatz, die "Vorderfüße" durch den kaudalen Processus articularis und der "Schwanz" durch den Processus spinosus des Gleitwirbels gebildet.



Abb. 8: Schrägaufnahme mit "Terrierfigur" (aus: 66)

Weitere Informationen bei speziellen Fragestellungen können zum Beispiel durch sogenannte Funktionsaufnahmen gewonnen werden: Röntgenbilder in In- bzw. Reklinationsstellung der Wirbelsäule lassen Gefügelockerungen besser erkennen. Auch durch weitere besondere Einstellungen am sitzenden Patienten oder durch Gewichtsbelastung im Stehen kann die Stabilität eines Gleitprozesses routinemäßig untersucht werden (93, 178). Mit Hilfe der Röntgen-Tomographie lassen sich Details, wie zum Beispiel der Lysespalt im Wirbelbogen oder aber auch das Ausmaß und der Erfolg einer Spondylodese, postoperativ darstellen.

In unserer Nachuntersuchungsstudie zu den Ergebnissen dorsoventraler Spondylodesen bei spondylolytischen Spondylolisthesen fertigten wir lediglich anterior-posteriore und streng seitliche, Nativröntgenaufnahmen an. Wir behielten uns vor, bei fraglichen Fusionen zusätzliche konventionelle Tomographien anzufertigen. Da die Qualität und Aussagekraft der Standardbilder aber ausreichend waren, konnte auf zusätzliche Aufnahmen verzichtet werden. Aus wirtschaftlich-logistischen Gründen und Bestrebungen, die Strahlenbelastung der zur Nachuntersuchung freiwillig erschienenen Patienten so gering wie möglich zu halten, wurde auf die Anfertigung von Funktionsaufnahmen oder gar auf die computertomographische Validierung des Fusionserfolges verzichtet.

Zur Auswertung kamen alle vorhandenen und archivierten prä- und postoperativen Röntgenaufnahmen der Lendenwirbelsäule sowie die zum Nachuntersuchungstermin neu angefertigten Bilder. Wo vorhanden, wurden konventionelle Tomographien, Myelographien, Funktionsaufnahmen, Computertomographien und MRT-Aufnahmen ebenfalls registriert und, falls erforderlich, in die Beurteilung mit einbezogen.

Neben den allgemeinen Untersuchungs- und Auswertungskriterien der Lendenwirbelsäule wurden häufig, so auch von uns, folgende Aspekte gesondert betrachtet und ausgemessen:

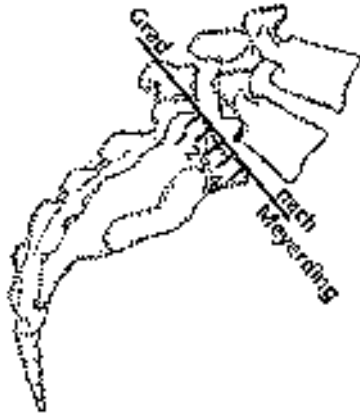
- a) Gleitstrecke / slip des olisthetischen Wirbels
- b) Gleitwinkelmessung / slip-angle
- c) Lendenlordose
- d) Inklination des Os sacrum
- e) Index des Gleitwinkels
- f) Form und Kontur der kranialen Sakralbasis

Nach Saraste et al. (1985) sind die Parameter für Gleitstrecke und Lendenlordose besonders für Reihenuntersuchungen geeignet. In eigenen Studien wurden nur geringe, statistisch zu vernachlässigende Fehler in Abhängigkeit von der Projektion und verschiedenen Untersuchern gefunden (192).

a): Gleitstrecke der Spondylolisthese (slip)

Es existieren zwei prinzipiell anerkannte Methoden, das Ausmaß des Ventralgleitens zu messen.

Bereits in den 30er Jahren unseres Jahrhunderts unterschied Meyerding vier Gleitgrade I-IV (147). Er



unterteilte die a.-p.- Strecke der Deckplatte vom ersten Sakralwirbel in vier gleich große Abschnitte und bestimmte die vier Gleitgrade danach, auf welches Viertel sich die Hinterkante des Gleitwirbels darüber projizierte. Diese Graduierung in vier Gruppen ist jedoch unseres Erachtens nur zur orientierenden Klassifizierung sinnvoll. Genauere Verlaufsbeobachtungen sind nicht zu dokumentieren. Bei Beurteilung zum Beispiel einer operativen Reposition einer Grad II-Spondylolisthese um ein Drittel der Gleitstrecke, würde diese postoperativ immer noch denselben Meyerding- Grad aufweisen.

Abb. 9: Meyerding-Grade I-IV (aus: 66)

Eine genauere Methode entwickelte Taillard 1954 (219), indem er die Gleitstrecke in Prozent des a.-p.-Durchmessers des kaudalgelegenen Wirbels maß. Gerade in der Verlaufsbeobachtung kindlicher Spondylolisthesen sind wiederholte seitliche Röntgenaufnahmen und ein exaktes Ausmessen der Gleitstrecke erforderlich. Nur so ist ein Fortschreiten rechtzeitig zu erkennen und zu dokumentieren, um therapeutische Maßnahmen ergreifen zu können. Um wiederholte Messungen vergleichbar zu machen, ist es natürlich entscheidend, sich auf die gleichen Fixpunkte am Wirbelkörper zu beziehen.

Wiltse und Winter (240) schlugen folgendes, an der Skizze (Abb. 10) erläutertes Vorgehen vor:

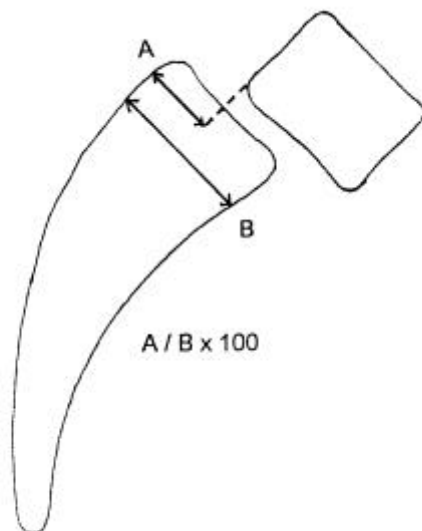


Abb. 10: Gleitstrecke nach Wiltse und Winter

In unseren Meßreihen benutzen wir eine weitere, in unseren Augen noch genauere und vergleichbarere Methode, die Gleitstrecke prozentual zu messen. Häufig nämlich zeigt zum Beispiel die Deckplatte vom ersten Sakralwirbelkörper im a.-p.-Durchmesser anteriore Erosionen, Osteophyten und eine kuppelförmige, konvexe Gestalt. Auch die Hinterkante des Gleitwirbels weist oft reaktive ossäre Veränderungen auf, die die Messungen in der Präzision beeinflussen. Diese Veränderungen führen leicht zu einer falschen Vorstellung im Gleitprozess und der Gleitstrecke.

Eine in der Literatur beschriebene modifizierte Taillard'sche Methode berücksichtigt diese Gegebenheiten und liefert gute, reproduzierbare Meßwerte (21) (Abb. 11).

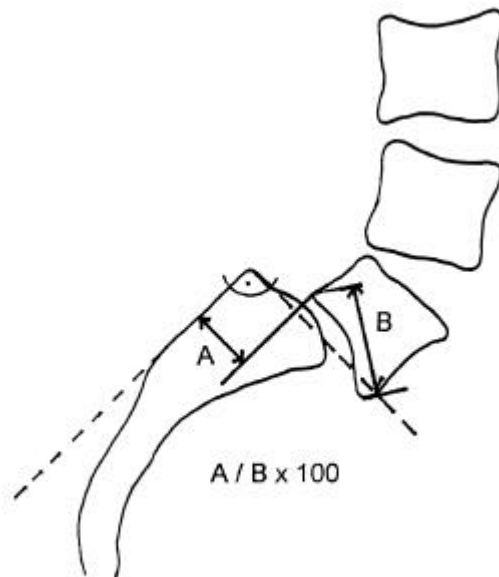


Abb. 11: Gleitstrecke nach Taillard (modifiziert)

b): Gleitwinkelmessung (slip-angle)

Von größtem Interesse ist auch die Winkelbeziehung zwischen Gleitwirbel und Gleitbasis. Mit Umschreibungen aus der englischsprachigen Literatur, wie "sagittal roll", "sagittal rotation" oder "slip angle" wird der Grad der Abkippung des fünften Lendenwirbelkörpers gegenüber dem ersten Sakralwirbelkörper gemessen. Prinzipiell existieren drei verbreitete Methoden, den Gleitwinkel zu messen:

1) Nach Boxall et al. (21) wird der "slip angle" zwischen einer parallelen Linie zur Grundplatte von LWK 5 und einer Linie im rechten Winkel zur Hinterkante der Sakralbasis bestimmt (Abb. 12).

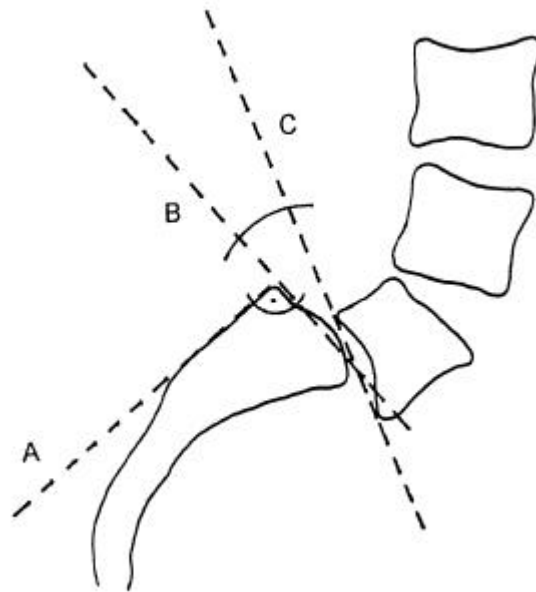


Abb. 12: Gleitwinkels nach Boxall

2) Nach Dick et al. (42) wird der Gleitwinkel (von Dick „delta“ - Winkel genannt) aus einer parallelen Linie zur oberen Deckplatte von LWK 5 zur Hinterwand von SWK 1 gebildet (Abb.13)

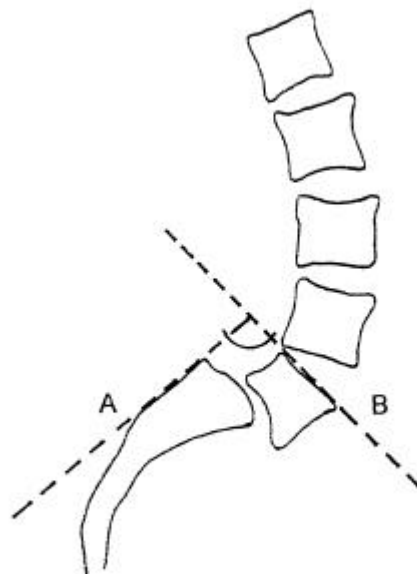


Abb. 13: Gleitwinkels nach Dick

Methode 1) und 2) können bei vielen Patienten allerdings nur bedingt angewandt werden. Ist die Gleitstrecke nur gering und das entsprechende Bandscheibenfach degenerativ verändert, stößt diese Meßmethode auf ihre Grenzen. Die Deck- und Grundplatten können auf dem Boden ossärer Hyperplasien derart verändert sein, daß keine korrekte Tangente angelegt werden kann. Nahezu unmöglich wird die Messung nach interkorporellen Spondylodesen mit Spananlagerung. Nach erfolgreicher, knöcherner Durchbauung der fusionierten Wirbel ist keine reproduzierbare, korrekte Messung in der Verlaufsbeobachtung möglich.

3) Die von Wiltse und Winter (240) vorgeschlagene Messung des "slip angle" berücksichtigt dieses Problem. Hier wird der Winkel bestimmt durch eine Linie parallel zur Hinterkante des ersten Sakralwirbelkörpers und eine Parallele zur Vorderkante des Gleitwirbels (Abb. 14).

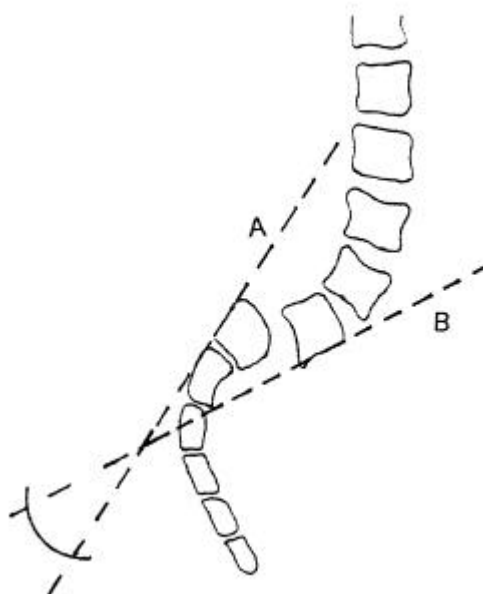


Abb. 14: Gleitwinkels nach Wiltse und Winter

4) Wir wählten daher eine eigene Meßmethode, die an jene von Wiltse und Winter angelehnt ist: Zunächst wird ein Lot von einer Linie parallel zur Hinterkante des ersten Sakralwirbelkörpers gefällt. Der Schnittpunkt des Lotes mit der Parallele zur Vorderkante des Gleitwirbels bildet den Gleitwinkel. Der Vorteil liegt unseres Erachtens in einer sicheren und komfortablen Winkelmessung auf Höhe des Gleitvorganges selbst, ohne daß der kleine, spitze Winkel des Wiltse'schen Maßes irgendwo am Bildrand gemessen oder sogar jenseits davon projiziert werden muß. Die zugrunde liegenden anatomischen Bezugspunkte sind keinen reaktiv-pathologischen oder therapeutischen Veränderungen unterworfen und bieten gute, nachvollziehbare Meßmöglichkeiten (Abb. 15).



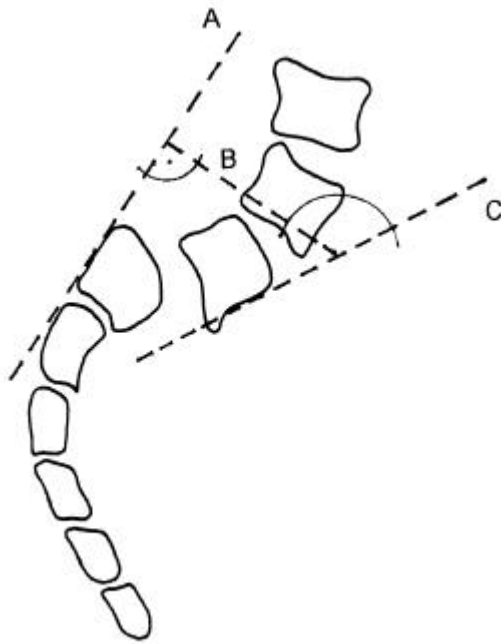


Abb. 15: Bestimmung des Gleitwinkels nach eigener Methode

c): Lendenlordose

Als wichtiger physiologischer Kompensationsmechanismus zur ventralen Abkipfung des Gleitwirbels (Kyphosierung) interessiert das Ausmaß der Lendenlordose. Seitliche Röntgenaufnahmen im Stand werden zur Ausmessung angefertigt. Liegendaufnahmen sind nicht geeignet, da die Lordose gestreckt und somit verfälscht wird.

Zur Ermittlung der Lendenlordose verwendeten wir die von Wiltse und Winter (240) vorgeschlagene Methode: Nachdem man die Tangenten an die Deckplatten von LWK 1 und 5 gelegt hat, wird von diesen das Lot gefällt. Die Gradzahl der Lendenlordose ergibt sich als Winkelbeziehung zwischen den Senkrechten (Abb. 16).

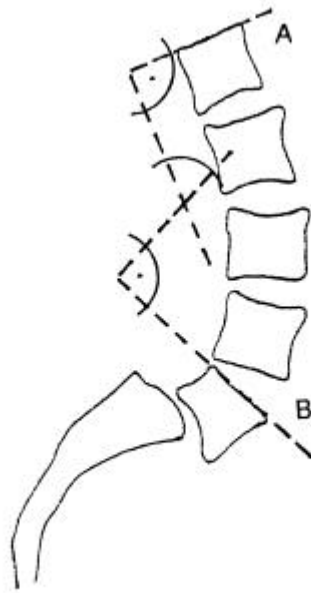


Abb. 16: Lendenlordose nach Wiltse und Winter

d): Inklination des Os sacrum

Dieser Winkel, im englischen als "sacral tilt" bezeichnet, kennzeichnet die Beziehung zwischen sagittaler Rückfläche des Sakrums zur Vertikalen. Im Stehen geröntgt und gemessen, zeigt das Os sacrum stets eine Inklination nach ventral. Physiologisch werden Winkelwerte größer als 30 bis 35° angesehen (42, 240). Mit zunehmender Spondylolisthese vergrößert sich die kompensatorische Hyperlordose, und das Kreuzbein stellt sich auf, d. h., das Os sacrum steht in Bezug zur Vertikalen steiler. Der Winkel der sakralen Inklination verkleinert sich.

Gemessen wird der Winkel im Verlauf der Hinterkante von SWK 1 zur Vertikalen, d. h. vereinfachend, zum vertikalen Bildrand des aufrecht stehenden, seitlich geröntgten Patienten (Abb. 17).

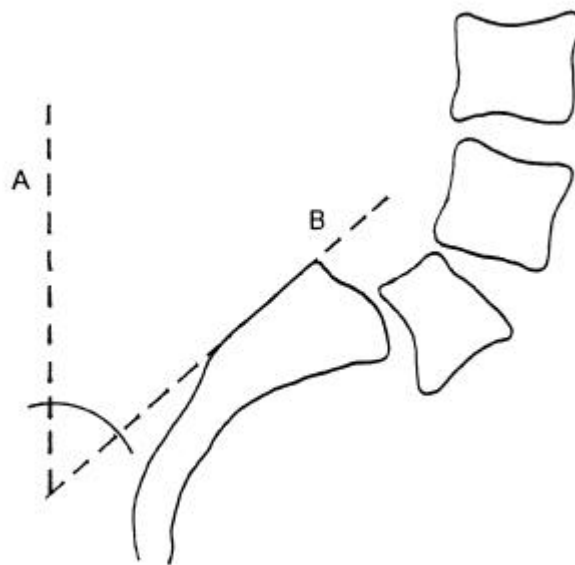


Abb. 17: Inklinations des Os sacrum nach Boxall

e: Index des Gleitwirbels

Nach Boxall et al. (21) ist die trapezförmige Formänderung des Gleitwirbels als Risikofaktor in der Entstehung einer Spondylolisthese zu werten. Niethard et al. (1985) nehmen an, daß die keilförmige Veränderung des Gleitwirbels eher das Ergebnis eines Prozesses ist als ein Risikofaktor für eine Olisthese (161). An Kindern zeigten sie, daß bereits bei geringen Gleitprozessen, durch die sich eine Rückverlagerung des Bandscheibenkernes gegenüber der Grundplatte des Gleitwirbels ergibt, eine lokale Wachstumshemmung im hinteren Bereich des Gleitwirbels ausgelöst werden kann.

Von Laurent und Einola (124) wurde der "lumbale Index" angegeben, um die Keilform des fünften Lendenwirbelkörpers zu messen. Der Wert wird in Prozent angegeben und berechnet sich wie folgt: Gemessen wird die Wirbelkörperhöhe an der Vorder- und Hinterkante vom fünften LWK, der Wert der kürzeren posterioren Höhe wird durch den Wert der längeren anterioren Höhe dividiert und anschließend diese Zahl mit Hundert multipliziert. Auf lateralen Röntgenogrammen lassen sich die Fixpunkte für die Messungen zuverlässig finden (Abb. 18).

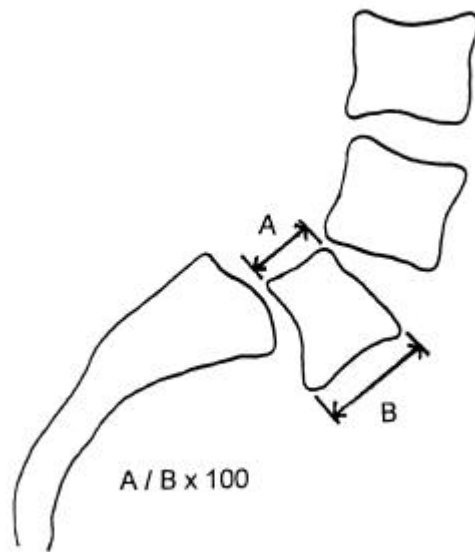


Abb. 18: Index des Gleitwirbels nach Boxall

f): Form und Kontur der kranialen Sakralbasis

In dem Maße wie der fünfte Lendenwirbelkörper ventralwärts gleitet, kommt es zu einer zunehmenden Abrundung der Deckplatte des ersten Sakralwirbels. Die sich ausbildende Konvexität ("dome-shape") ist Ausdruck der Erosion des anterioren und posterioren Abschnitts des Wirbels. Boxall et al. (21) beschränken sich auf eine qualitative Beschreibung des Rundungsphänomens. Sie unterteilen den seitlichen Aspekt der Deckplatte von SWK 1 in drei gleich große Abschnitte. Abhängig vom Ausmaß der Konvexität über diese drei Drittel, d. h. keine, 1/3- Rundung, 2/3- Rundung oder vollständige Abrundung über die gesamte a.-p.-Distanz, entstand eine Grad 0 - III - Einteilung.

Wiltse und Winter (240) machten den Versuch, die Rundung auszumessen und als Prozentzahl auszudrücken. Sie fanden überdies heraus, daß zunächst nur die anteriore Kante des ersten Sakralwirbels vom Rundungsprozeß betroffen ist. Im weiteren Verlauf kommt es, ausgelöst durch eine zunehmende Druckbelastung, im Bereich der ventralen Kante zu Wachstumsstörungen dieser Region und zu einem kuppelförmigen Umbau des Sakralplateaus. Mit zunehmender Gleitstrecke und steigendem Gleitwinkel entwickelt sich die Konvexität auch dorsal. Das Phänomen einer domförmigen Abrundung der SWK 1-Oberfläche ist somit als sekundäre, reaktive Veränderung zu werten und nicht, wie vielfach behauptet wird, als "dysplastische" Veränderung und Risikofaktor einer Progression des Gleitvorganges (162, 21, 57, 124, 172, 201).

Zur Berechnungsgrundlage dienen zwei senkrecht aufeinander stehende Hilfslinien; eine verläuft entlang der Hinterkante von SWK 1, und die zweite erfaßt den größten dorsoventralen Durchmesser des Os sacrum. Von letztgenannter Linie wird das Lot auf die Kuppe der Konvexität gefällt. Es

entstehen zwei Abschnitte a) und b), die durcheinander dividiert und mit Hundert multipliziert die Rundung der Sakralbasis in Prozent angeben (Abb. 19).

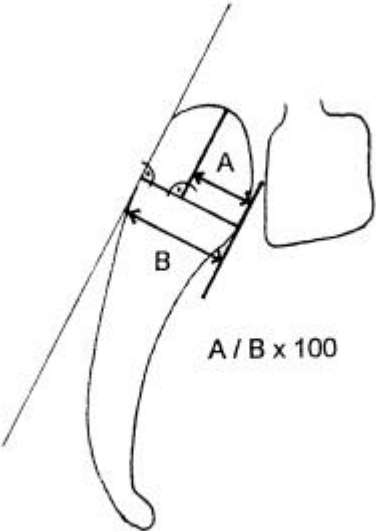


Abb. 19: Form und Kontur der kranialen Sakralbasis nach Wiltse und Winter

## 2. Myelographie

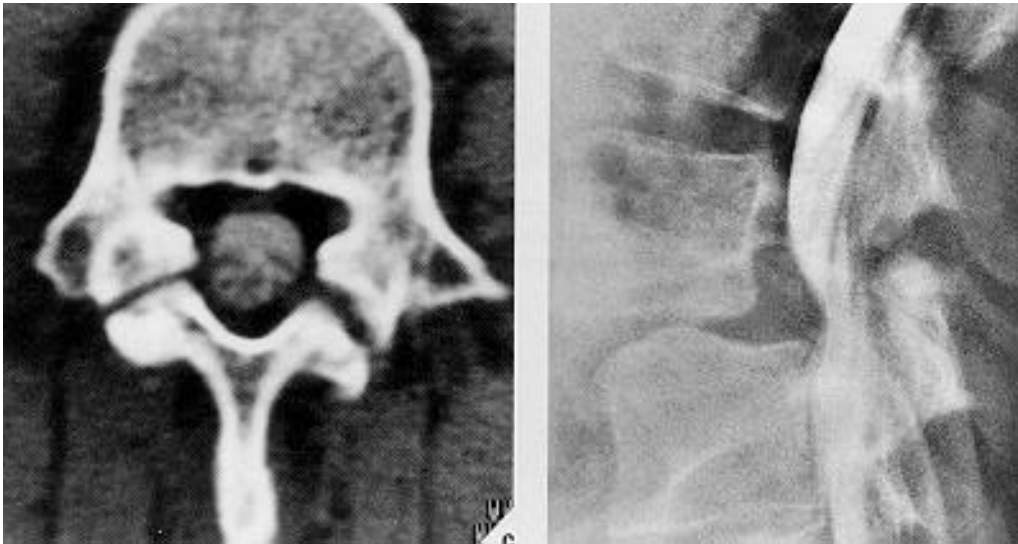
Überschaut man die Literaturangaben hinsichtlich der Symptomatik der an einer spondylolytischen Spondylolisthese leidenden Patienten, so fallen in etwa 30% der untersuchten Fälle Angaben über neurologische Ausfallserscheinungen auf. Eigenreflexausfälle (Patellasehnenreflex, Achillessehnenreflex), Muskelatrophien und sensible Defizite werden angegeben. Vor allem aber sind Patienten mit muskulären Schwächen oder Paresen im Fuß- und Beinbereich zu erwähnen (z.B. M. flexor digitorum, M. extensor hallucis longus). Gerade bei Betroffenen mit motorischen Defiziten kann eine lumbale Myelographie Klarheit über die zugrunde liegende Ursache und Höhenlokalisation geben. Bei mehrsegmentalen Befunden bietet die Myelographie gegenüber der Magnetresonanztomographie mitunter bessere Zuordnungsmöglichkeiten zur klinischen Symptomatik. Besonders zur differentialdiagnostischen Abgrenzung ossärer, konstitutioneller oder degenerativer spinaler Stenosen, bandscheibenbedingter Spinalkanaleinengungen oder Wurzelkompressionen und stenosierender spondylolytischer Spondylolisthesen kann die myelographische Untersuchung geeignet sein.

Routinemäßig werden nach erfolgreicher Lumbalpunktion und Applikation eines wasserlöslichen Kontrastmittels vier Röntgenaufnahmen angefertigt. Bei horizontalem Strahlengang wird der Patient liegend in vier verschiedenen Projektionen durch Drehung in der Körperachse geröntgt: 1.) Seitenlage: laterale Aufnahme, 2.+3.) Schräglage: 45° Bauchlage beiderseits, 4.) Bauchlage: a.-p.- Aufnahme. Weitere laterale Aufnahmen am stehenden Patienten in Re- und Inklinationsposition können die Diagnostik vervollständigen. Komplette und inkomplette Kontrastmittelaussparungen, sowie symmetrische und asymmetrische Wurzelkompressionen können auftreten. Von hohem Informationswert sind Befunde, auf denen eine laterale Kontrastmitteleindellung zu erkennen ist. Diese können als Hinweis auf fibrocartilaginäres Pseudarthrosengewebe in der lytischen Interartikularportion gewertet werden. Hier kann es zu Kompressionserscheinungen der abzweigenden Nervenwurzeln im Neuroforamen kommen. Die Diagnose und Interpretation dieses Phänomens ist allerdings recht schwierig und oft nur mit Hilfe zusätzlicher tomographischer Schichten zu erstellen, um eine Abgrenzung von seitlichen Bandscheibenhernien vornehmen zu können.

Die diagnostische Abgrenzung zur sogenannten Pseudospondylolisthese (degenerative Spondylolisthese) kann ebenfalls mit Hilfe der Myelographie erfolgen. Die kompensatorische Hypertrophie und Sklerose der oberen Gelenkfortsätze des Gleitwirbels können zu einer sanduhrförmigen Deformierung der Kontrastmittelsäule führen. Die degenerativ vergrößerten kranialen Processus articulares verursachen eine laterale Einengung der Nervenwurzelscheide im Recessus lateralis und Foramen intervertebrale. Nervenwurzelamputationen können im myelographischen Bild sichtbar werden. Das Maximum der Stenose jedoch liegt auf Höhe der Bandscheibe, bedingt durch den Wirbelbogen des Gleitwirbels.

Die Stenose des Wirbelkanals bei der spondylolytischen Spondylolisthese entsteht durch degenerative Veränderungen des über dem Gleitwirbel liegenden Wirbelbogens, welcher als Kontrapunkt die Bandscheibe und Hinterkante des Wirbels unterhalb der olisthetischen Etage

aufweist. Es resultiert eine bilaterale Verengung im Bereich des Gleitwirbels, ebenfalls mit Sanduhrphänomen des sichtbaren Duralsackes, jedoch deutlich kranial des zugehörigen Bandscheibenfaches.



a

b

Abb.20a u. b: CT-Schnitt durch LWK 4 mit deutlicher Unterbrechung der Interartikularportion beiderseits (a) - myelographische Zielaufnahme des selben Wirbels mit extraduraler KM-Aussparung (b) [aus: 65]

### **3. Computertomographie (CT) und Magnetresonanztomographie (MRT)**

Seit der routinemäßigen Einführung der Computertomographie (CT) in der Diagnostik von Wirbelsäulenerkrankungen ist eine konstante Rückentwicklung der Anzahl der durchgeführten Myelographien in den Kliniken zu beobachten. Obwohl sie immer noch, wie oben beschrieben, ihren Stellenwert in der Diagnostik besitzen, wird der Alltag durch die Präzision der computertomographischen Bilder bestimmt. Als einfaches Beispiel sei nur an einen kompletten Kontrastmittelstopp in der Myelographie gedacht. Aussagen über neuro-ossäre Beziehungen jenseits des Stops können somit nicht getroffen werden. Die Lösung bietet nur eine axialtomographische Darstellung.

In der präoperativen Diagnostik der Spondylolisthese kommt der CT der Stellenwert einer ergänzenden Untersuchungsmethode zu. Besonders bei betroffenen Patienten mit neurologischen Ausfallserscheinungen und radikulären Symptomen in der Anamnese ist die Differenzierung zu

bandscheibenbedingten Beschwerden wichtig. Die genauen anatomischen Beziehungen zwischen Bandscheibe, Wirbelkanal, neuralen Strukturen und Foramen intervertebrale sind in den Frontal- und Sagittalebene der konventionellen Röntgendiagnostik nicht exakt zu bestimmen. Lediglich die axialtomographischen Schnitte der CT und MRT geben hierüber genauen Aufschluß. Diese müssen mit der Ebene der zu untersuchenden Wirbel- und Bandscheibenetage übereinstimmen, um Aussagekraft zu besitzen. Die Differenzierung zwischen Prolaps beziehungsweise Protrusion und normalem dorsal herausragenden Bandscheibengewebe auf Höhe des Gleitprozesses ist andernfalls nicht möglich.

Die Darstellung des Spinalkanalquerschnittes ermöglicht die überlagerungsfreie Aufdeckung von ossär (z.B. Osteophyten der Gelenkfacetten) und bindegewebig (z.B. Diskusherniation/-sequester, Ligamentum flavum-Verdickungen) bedingten Spinalkanalstenosen und Kompressionserscheinungen in den Recessus und Wurzelkanälen. Durch eine intrathekale Kontrastmittelapplikation kann das Rückenmark bzw. die Cauda equina auf den CT-Schichten besser im Bereich der Stenose abgegrenzt werden (vgl. Abb. 20 a).

Ferner ist der spondylolytische Defekt in der Pars interarticularis genau darstellbar. Dieser kommt meistens asymmetrisch zur Abbildung, da im allgemeinen eine asymmetrische Lage des Gleitwirbels im Gefüge der lumbalen Wirbelsäule vorliegt.

Prinzipiell gelten die gesamten axialtomographischen Aspekte und Untersuchungskriterien auch für die Magnetresonanztomographie (MRT). Da der diagnostische Einsatz dieses bildgebenden Verfahrens aber zeit- und kostenaufwendig ist, gehört die MRT sicher nicht in die Primärdiagnostik der Spondylolisthese. Sie sollte speziellen Fragestellungen und Problemen vorbehalten sein, wenn die Basisdiagnostika keine ausreichende Klärung ermöglicht. Dies könnten zum Beispiel unklare Radikulopathien sein, die nicht durch Bandscheiben verursacht sind. Im Normalfall geht die spondylolytische Spondylolisthese nicht oder nur selten mit einer Spinalkanalstenose einher. Tatsächlich weitet sich der a.-p.-Durchmesser des Spinalkanals sogar bei einer Ventraldislokation. In einer interessanten Studie von Jinkins et al. (97) wurde die Darstellbarkeit von Nervenwurzel-Impingement-Phänomenen bei Spondylolisthese-Patienten (Grad I und II) in der MRT untersucht. 17 von 30 Nervenwurzeln waren in der T1-gewichteten parasagittalen MRT-Untersuchung durch Verlust von perineuralem Fettgewebe im Foramen bedrängt. 13 dieser 17 Nervenwurzeln zeigten klinische Anzeichen einer Radikulopathie, die 13 klinisch unauffälligen Wurzeln blieben auch radiologisch ohne Impingement-Anzeichen. Die Autoren werten die Abwesenheit von physiologisch vorhandenem Perineuralfett um die lumbalen Nervenwurzeln als sensitiven Indikator einer klinisch bedeutsamen Nervenwurzelkompression, was in der Therapie entsprechende Berücksichtigung finden sollte.



## Therapie und Therapiekonzepte

Die Häufigkeit einer Spondylolyse in der westlichen Bevölkerung variiert nach Literaturangaben zwischen 4 bis 7 % (57, 135, 228). Aber nur ein Bruchteil der Betroffenen entwickelt eine nachweisbare Spondylolisthese. Nur etwa 10% aller Spondylolisthese-Patienten sind klinisch auffällig und benötigen eine Therapie. Die Therapie der Wahl ist zunächst immer konservativ. Einem Großteil der Patienten (ca.90%) kann eine Remission der Symptomatik geboten werden. Ein konservatives Behandlungsprogramm richtet sich an alle Patienten mit einer symptomatischen Spondylolyse und/oder einer leichtgradigen Spondylolisthese gleich welcher Genese ohne schwerwiegende neurologische Ausfallserscheinungen und umfaßt die gesamte Palette der balneophysikalischen Therapiemaßnahmen. Ergänzend kommen rumpfstützende Orthesen und antiphlogistische Medikamente in Betracht. Die Eckpfeiler der konservativen Behandlung sind zum einen eine adäquate Schmerztherapie mit nicht-steroidalen Antiphlogistika bzw. selektiven Cox2-Hemmern, eventuell unter Zuhilfenahme muskelrelaxierender Präparate, zum anderen gilt es den Rumpf zu stabilisieren und muskulär zu stärken. Häufig wird eine Teilimmobilisierung über mehrere Wochen mit einem Gipsmieder oder Kunststoffstützmieder zur Aufrichtung der Wirbelsäule angestrebt (z. B. Boston-Korsett). Dieses wirkt entlastend und schmerzlindernd; die lumbale Wirbelsäule wird passiv aufgerichtet - die schmerzhafte, statisch verspannte Muskulatur im Lumbalbereich kann sich entspannen. Verschiedentlich wurden unter mehrwöchigen bis mehrmonatigen Teilimmobilisierungen Spontanheilungen, d. h. knöcherne Konsolidierungen der Spondylolyse festgestellt (212). Die anschließende funktionelle, konservative Behandlung besteht aus einem ausgefeilten, individuell zusammengestellten krankengymnastischen Trainingsprogramm der Rücken- und Bauchmuskulatur. Aktives Bewegungstraining und isometrische Übungen sollen der Rumpfstabilisierung dienen. Vorsichtige Extensionen und gezieltes Stretching und Auftrainieren der dorsalen Muskelgruppen an Oberschenkel und Gesäß vervollständigen das Programm. Eine gezielte und kontrollierte Körpergewichtsreduzierung bei übergewichtigen Patienten sowie allgemeine Tips und Hinweise im Sinne einer Rückenschule für das Alltagsleben sind darüber hinaus anzuraten und hilfreich.

Erst wenn ein umfangreiches, konservatives Therapiekonzept fehlschlägt, die Symptomatik therapieresistent ist und neurologische Symptome in den Vordergrund treten oder sich eine deutliche Progression des Gleitvorgangs abzeichnet, ist eine operative Intervention indiziert. Das primäre Ziel einer Operation ist weniger die Reposition und Korrektur der Spondylolisthese, sondern die Verbesserung der präoperativen Schmerzsituation und die Verhinderung eines weiteren Fortschreitens des Gleitvorganges. Nach Hähnel et al. (69) sind folgende Ansprüche an eine Segmentspondylodese zu stellen:

- Schmerzreduzierung
- Stabilisierung der Segmentlockerung
- Verbesserung der Belastbarkeit der Gesamtwirbelsäule

- Erhaltung funktionsfähiger Segmente
- Wiederherstellung der intervertebralen Distanz
- Reposition eines Gleitsegmentes
- Revision/Erweiterung des Spinalkanals, falls erforderlich
- kurze Fusionszeit bei hoher Fusionsrate
- frühe Belastbarkeit bei möglichst unkomplizierter postoperativer Behandlung
- kurzer Klinikaufenthalt

Die Bandbreite möglicher Operationsmethoden in der Behandlung der spondylolytischen Spondylolisthese ist nahezu unüberschaubar und hat sich im Verlauf der letzten hundert Jahre ständig weiterentwickelt. Die Palette zur Verfügung stehender Operationstechniken reicht von modernen minimal-invasiven Verfahren in mikrochirurgischer oder endoskopischer Technik bei geringen Dislokationsgraden bis hin zur totalen Vertebroktomie bei Spondylolisthosen (126, 127, 166, 243). Nach Art und Ziel der Eingriffe lassen sich diese wie folgt klassifizieren:

- I. direkte Operation und Osteosynthese des Pars-Defektes
- II. alleinige nervale Dekompression
- III. Fusionsoperationen
  1. in-situ-Fusionen und posterolaterale Spondylodesen
  2. Fusionen nach Reposition und Fixation
  3. Kombinationen von I.-III.

Die interkorporellen Fusionen, das heißt Spondylodese-Operationen lassen sich wie folgt weiter aufschlüsseln:

- a) interkorporelle Fusionen von ventral
- b) interkorporelle Fusionen von dorsal
- c) kombinierte Verfahren mit ventraler Fusion und dorsaler Instrumentation

## **ad I. "direct repair" oder Isthmusrekonstruktionen**

In der Behandlung symptomatischer Spondylolysen und geringgradiger lytischer Spondylolisthesen stehen verschiedene lokale Operationstechniken zur Verfügung. Alle haben die Pars interarticularis des Gleitwirbels zum Ziel. Anders als bei den fusionierenden Techniken mit Versteifung der gesamten olisthetischen Etage ist hier das Prinzip die lokale Osteosynthese der Interartikularportion unter Erhaltung der physiologischen Beweglichkeit im betroffenen Segment. Kimura (106) war 1968 der erste, der die Läsion lokal mit spongiöser Knochenanlagerung erfolgreich operierte. 1970 war es J. E. Buck (28), der eine innere Fixation der Defektzone vorstellte, die viel internationale Beachtung fand und den Begriff "direct repair" prägte.

Er plazierte eine Kortikalisschraube entlang der Pars interarticularis, mindestens 1 cm über die Defektzone hinweg, wobei die gesamte Schraube interossär verläuft. Zusätzlich lagerte er vom Beckenkamm entnommene Knochenspäne an die Defektzone an. Die Spongiosa-Anlagerung erfolgte dorsal und lateral des lytischen Bereiches, wobei darauf geachtet wird, die Wirbelgelenke unbeeinträchtigt zu lassen. Zwischen 1965 und 1969 wurden 16 Patienten operiert, deren Defektstrecke nicht größer als 3-4 cm war. Dieses Ausmaß sieht der Autor als Grenze der Methode.

Anfang der 80er Jahre entwickelten Morscher et al. (155) aus dem Harrington-Instrumentarium eine Hakenschraube und stellte diese 1984 vor (Abb. 21).



Abb.21 Hakenschraube nach Morscher (aus:79)

Das zusammengesetzte Implantat bestand aus einer stabilen Schraube mit Spongiosagewinde an der Spitze und normalem, kurzem Gewinde am Ende, einem Haken sowie zwei Muttern zur soliden Fixation. Die Hakenschraube wird ebenfalls interossär und defektüberbrückend in die Interartikularportion eingebracht. Verglichen mit der Schraubenosteosynthese alleine soll der

zusätzliche Haken mit Angriffspunkt am Wirbelbogen die Stabilität erhöhen.

Eine andere Methode wurde 1987 von J. Scott (200) vorgestellt. Seine "Edinburgh repair" sieht die intrasegmentale Drahtcerclage nach Knochenanlagerung im Defektbereich vor.

Nach sorgfältiger Dekortizierung der Processus transversi und der Lamina des Gleitwirbels werden längliche Spongiosaspäne über dem Defekt plazierte und durch eine Drahtcerclage fixiert. Diese umschlingt in zwei Schlaufen beiderseits den Processus transversus und wird unter Kompression der Spongiosaplastik am Prozessus spinosus des Gleitwirbels fest verzwirbelt (siehe Abb. 22).

Postoperativ wird ebenso wie nach Bucks Verfahren eine Rumpforthese oder ein Gipsmieder angelegt.

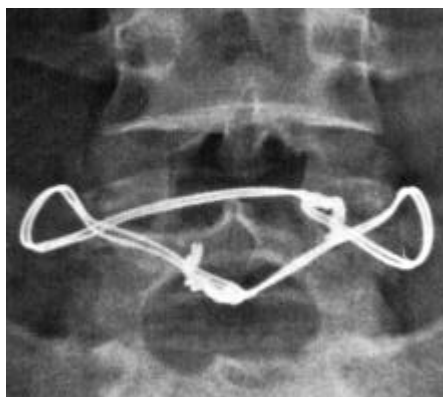


Abb. 22: Drahtcerclage nach Scott (Schema und Röntgenbild aus: 194)

### **ad II. Nervale Dekompression (nach Gill)**

In höhergradigen Fällen einer Spondylolisthese bzw. bei Patienten mit ausgeprägten radikulären Beschwerden und Ausfallserscheinungen ist es bei einer operativen Intervention häufig erforderlich, eine Dekompression nervaler Strukturen durchzuführen.

1955 führten Gill et al. (64) eine Kombination von dekomprimierenden Operationen ein, die sich fortan als "Gill's Procedure" in der Literatur etablierte. Die umfangreiche dorsale Dekompression besteht aus der Resektion des lockeren Wirbelbogens vom fünften Lendenwirbelkörper (Laminektomie LWK 5), der Resektion der kompletten Pars interarticularis bzw. des fibrocartilaginären Gewebes in der Lysezone bis an die Pedickelbasis und einer bilateralen Foraminotomie zur direkten Entlastung der fünften lumbalen Nervenwurzel. Der Eingriff kann ergänzt werden durch die Resektion der kuppelförmigen dorsalen Anteile von SWK 1, die Diskektomie der Bandscheibe zwischen LWK 5 und SWK 1 und die Teilentfernung der Prozessus transversus des Gleitwirbels, wenn diese im Zuge der Ventrolisthesis eine Kompression der Nervenwurzel ausüben.

In der Originalbeschreibung durch Gills "Surgical Treatment of Spondylolisthesis without Fusion" wurde auf weitere reponierende oder stabilisierende Verfahren verzichtet und die alleinige Dekompression als ausreichend empfohlen. Dieses galt jedoch nur für erwachsene Patienten. Bei Kindern und Heranwachsenden ist unbestritten, daß eine Gill'sche Operation alleine kontraindiziert und auf Grund der Knochenabtragung sogar eine Progredienz des Gleitvorgangs zu erwarten ist. Auch

bei Erwachsenen wird die Dekompression zumeist mit einer Fusion kombiniert. Zur Sicherung einer weiteren Progression der Spondylolisthese kommen alle Arten der Spondylodese in Betracht. Häufig wird die posterolaterale Spondylodese gewählt (siehe unten).

### **ad III. Lumbale Fusionsoperationen**

Lumbale Spondylodesen sind heute an wirbelsäulenchirurgischen Zentren allgemein anerkannte und häufig durchgeführte Operationen. Spondylodesen werden routinemäßig, besonders im Zervikal- und Lumbalbereich, ausgeführt. Durch weitgreifende technische Fortschritte in der Diagnostik, der Operationsmethodik und des Instrumentariums in den vergangenen Jahren hat sich das Spektrum der möglichen Eingriffe vervielfacht. Deutlich zugenommen und an Bedeutung gewonnen hat gleichzeitig auch die Diskussion um Indikationen und Ergebnisse der wirbelsäulenstabilisierenden Operationen.

Geleitet durch die Erfahrungen mit Arthrodesen an anderen Skelettabschnitten wurden um die Jahrhundertwende die ersten spinalen Arthrodesen durchgeführt. Anfänglich jedoch wurden spinale Fusionen vornehmlich zur Behandlung von Frakturen, entzündlichen Veränderungen und Skoliosen vorgenommen. Mit den guten Erfahrungen dieser zunächst limitierten Indikationen wurde man entschlossener, und die Indikationsbreite wuchs um den Bereich der instabilen, der degenerativ veränderten und chronisch schmerzhaften Wirbelsäulen. Als Urväter der spinalen Fusionsoperationen werden allgemeinhin F.H. Albee (3) und R.H. Hibbs (84, 85) genannt. 1911 veröffentlichte Albee seine ersten klinischen Fälle von lumbalen Spondylodesen in der Behandlung tuberkulöser Spondylitiden. Hibbs schloß aus dem zuvor beobachteten natürlichen Ankylosierungsprozeß tuberkulös infizierter Wirbel, daß eine chirurgische Intervention diese Reaktion beschleunigen würde und in sicherere Ergebnisse münden könnte.

Die ersten Fusionen waren rein dorsale, meist interspinale Spondylodesen. Als Knochenmaterial kamen tibiale Späne und wenig später die Spina scapulae zur Anwendung (37). 1917 berichtete Hibbs (84) ebenfalls über erfolgreiche Operationen juveniler, progressiver Skoliosen, die in der beschriebenen Technik stabilisiert wurden. Nach Modifikationen und Verbesserungen der OP-Methoden folgten 1929 zusammen mit W. Swift erste Nachuntersuchungsstudien lumbosakraler Spondylodesen an degenerativ veränderten Wirbelsäulen chronisch schmerzgeplagter Patienten (85). Bei allen Fusionen dieser Epoche wurde lediglich Knochenspanmaterial angelagert. Weitere Hilfsmittel zur inneren Fixierung der Wirbel kamen nicht zur Anwendung, obwohl schon seit den 90er Jahren des ausgehenden 19. Jahrhunderts entsprechende Techniken beschrieben wurden. So benutzte B. Hadra 1891 (68) bereits eine Draht-Cerclage-Technik, und F. Lange (123) experimentierte 1902 mit implantierbaren Stahlstäben und Zelluloid-Zylindern.

Mit der enormen Zunahme an technischen und operativen Möglichkeiten der sicheren, internen Stabilisierung und mit immer besseren Korrektur- und Fusionsraten wuchs auch die Liste der Indikationen, neben den etablierten Indikationen bei Skoliosen, Frakturen, spinalen Infektionen und Tumoren (72):

1. spondylolytische (isthmische) Spondylolisthesen
2. instabile spinale Stenosen
  - degenerative (Pseudo-) Spondylolisthesen
  - degenerative Skoliosen
3. segmentale Instabilitäten
  - degenerative segmentale Instabilität
  - iatrogene segmentale Instabilität
4. bandscheibenbezogene Syndrome
  - lumbaler Bandscheibenprolaps
  - chronische lumbale Rückenschmerzen
5. failed back-surgery syndrome

Mit jeder neuen Operationsmethode und veröffentlichten follow-up-Studie mehrte sich auch der Kreis der Kritiker in der Diskussion um Indikationen, Methode und Effektivität.

Allgemein gilt, bei der operativen Behandlung von spondylolytischen Spondylolisthesen eine sichere interne Stabilisierung und gegebenenfalls eine Korrektur durchzuführen. Die Wahl der internen Fixierung, das heißt anteriorer und/oder posteriorer Zugang und Art der Fusionstechnik ist dem Operateur zu überlassen, beziehungsweise ist vorgegeben durch anatomische Gegebenheiten und Ansprüche an die Korrektur der Deformität.

Die wichtigsten Formen der lumbalen Fusionen seien im folgenden erläutert:

#### ad III.: Lumbale Fusionsoperationen

##### ad III. A. in situ-Fusion und posterolaterale Spondylodese

Am Beginn der operativen Behandlung der Spondylolisthesen Anfang unseres Jahrhunderts stand ausschließlich die in situ-Fusion. *In situ*, aus dem Lateinischen "am natürlichen Ort / in natürlicher Lage" zu übersetzen, bedeutet, daß die Ventrolisthesis akzeptiert und kein Korrektur- oder Repositionsversuch durchgeführt werden. Die Situation, die intraoperativ vorgefunden wird, bleibt unverändert. Ziel ist es, den Gleitvorgang sicher zu stoppen, das Bewegungssegment dauerhaft zu stabilisieren und eine Regression der klinischen Symptomatik zu erzielen. Bei einigen Patienten ist es erforderlich, eine vom Umfang her variable, individuell nervale Dekompression zusätzlich durchzuführen, um radikuläre Beschwerden zu beseitigen. Bis zur Einführung instrumentell

unterstützter Spondylodesen und Repositionshilfen durch P. Harrington 1969 (75) wurden alle spondylolytischen Patienten, ungeachtet des Gleitgrades, in situ fusioniert.

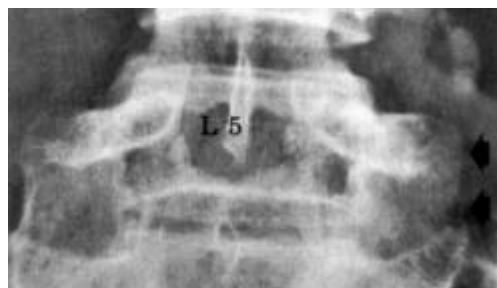
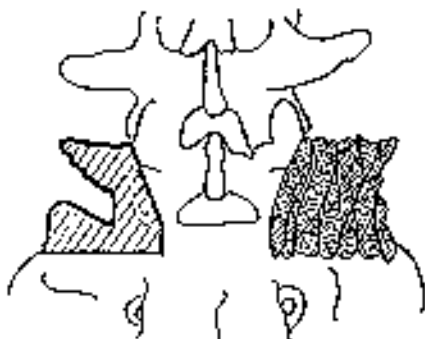


Abb. 23: Prinzip der dorsolateralen in situ-Fusion (aus: 194)

Wie auch heute noch bestand das Operationsprinzip aus einer defektüberbrückenden Knochenspananlagerung an die dorsalen und lateralen Strukturen der Lendenwirbel. Zunächst wurden die betreffenden Wirbeloberflächen dekortiziert, um ein gut durchblutetes Spanbett zu erhalten. Im zweiten entscheidenden Schritt wurden hochwertige Spongiosaspäne, zum Beispiel aus dem Bereich des Beckens, angelagert.

Zur Unterstützung der postoperativen Durchbauung der Spondylodese ist eine strenge Immobilisation der fusionierten Etage durch Bettruhe und ein Gipsmieder erforderlich. Bei Affektion der Etage LWK 5 / SWK 1 wurde früher meistens eine komplett überbrückende Spondylodese von LWK 4 bis SWK 1 durchgeführt, und somit versteift man gleich zwei Bewegungssegmente. Heute begnügt man sich mit der alleinigen Fusionierung von LWK 5 mit SWK 1, um so die kranialen Extrabelastungen der zu kompensierenden Bewegungseinschränkung kaudal möglichst gering und physiologisch zu halten.

Die populärste und erfolgreichste OP-Methode wurde die posterolaterale Fusion, 1953 von Watkins (229) erstmals erwähnt (siehe unten). Er beschrieb die Fusion der Wirbelgelenke, der Interartikularportion und der Basis der Processus transversi. Später, Anfang der sechziger Jahre, modifizierte Wiltse (235) die Technik, indem er die Laminae der Wirbel miteinbezog. Weiterhin optimierte er die Operationstechnik durch die Wahl eines bilateralen, den M. sacrospinalis-spaltenden Zugang. Bessere Darstellungsmöglichkeiten zur sicheren Platzierung eines Instrumentariums und Anlagerung der Spongiosaspäne sowie geringere Blutverluste ließen den bisher üblichen Mittellinienzugang in deutlich ungünstigerem Licht stehen. Hier mußte der Schnitt besonders lang gewählt werden, um eine gleichwertige Übersicht zu erlangen, welches eine Schädigung der schützenden Muskulatur der benachbarten Bewegungssegmente nach sich zog. Ferner kommt der paraspinalen Muskulatur eine wichtige Rolle in der Sicherung des Spanmaterials zu. Die sorgfältige

Refixierung der Muskeln verhindert die Dislokation der Spongiosaspäne. Ist eine zusätzliche Laminektomie erforderlich, so können mittlerer und posterolaterale Zugänge auch kombiniert werden.

Bis in die neueste Zeit ist trotz moderner, intern gestützter und instrumentierter Repositions- und Fixationstechniken die in situ-Fusion aktuell und bietet manchen Diskussionsstoff. Verfechter dieser OP-Methode argumentieren, daß eine Spondylolisthese geringeren Ausmaßes rein äußerlich unauffällig ist und, solange keine sagittale Rotation (240) entsteht, eine lumbosakrale Kyphosierung ausbleibt. Eine Reposition sei somit nicht erforderlich. Das übergeordnete Ziel, die Schmerzsituation zu verbessern und den Gleitprozeß aufzuhalten, ist in hohen Fallzahlen bewiesen (siehe unten).

Gerade bei Kindern und Jugendlichen mit einer wachstumsbedingten Gefahr der Progression der Spondylolisthese zeigt die in situ-Fusion gute bis sehr gute Ergebnisse mit einer vollständigen Remission der präoperativen Symptomatik, wie zum Beispiel Studien von Hensinger (81, 82) oder Laurent und Östermann (125) bewiesen haben. Weitgehend besteht auch Einigkeit darüber, alle heranwachsenden Patienten mit deutlichen ventralen Gleitstrecken auch ohne entsprechende Klinik prophylaktisch zu fusionieren. Empfehlungen ab welchem Gleitweg- /grad eine Operation anzuraten ist, variieren zwischen 33 % und 50 % (nach Taillard gemessen).

Die in situ-Fusion bietet zum Beispiel mit der posterolateralen Spondylodese eine relativ sichere und komplikationsarme Möglichkeit, eine Progredienz zu stoppen und Schmerzfreiheit zu erlangen. Auch ohne neurale Dekompression können bei Kindern und Jugendlichen Erfolgsraten von über 90 % aufgezeigt werden (21, 81, 238).

Ebenso bei erwachsenen Patienten ist man in jüngerer Zeit vereinzelt und mit gutem Erfolg dazu übergegangen, trotz bestehender radikulärer Symptome und neurologischer Ausfallserscheinungen, in situ-Arthrodesen ohne ossäre Dekompression vorzunehmen (170). Das nicht zu unterschätzende Risiko neurologischer Komplikationen, zum Beispiel Verletzungen am präsakralen Plexus, bei Reduktionsmanövern, Dekompression und Instrumentation, wird somit auch bei Erwachsenen deutlich minimiert. Generell ist man sich nicht sicher, wie die postoperative Remission der Radikulopathie hierbei zu erklären ist, beobachtet man selbst bei fusionierten Spondylolisthese-Patienten mit nachgewiesener lateraler Stenose eine Beseitigung der Schmerzen. Transfeldt et al. (226) stellten hierzu die Hypothese auf, daß die Radikulopathie möglicherweise nicht Ergebnis der lateralen Stenose ist, sondern eher durch ein extraforaminales "Impingement" verursacht wird. In detaillierten anatomischen Studien konnte gezeigt werden, daß der extraforaminale Spinalnerv an ligamentären Strukturen im lumbosakralen Bereich haften kann. Durch Mikrobewegungen während des Gleitprozesses beziehungsweise auch nach Repositionsmanövern kann eine neurologische Symptomatik durch Druck- und Zugbeanspruchungen ausgelöst werden. Eine in situ-Fusion verhindert Nervenirritationen.



### ad III. B. und C. Fusion nach Reposition, Methoden der Fixation und Kombinationen von I-III

So sicher und komplikationsarm in situ-Fusionen sein mögen, so sind diese kein Allheilmittel und kommen nicht als Standardverfahren bei allen Spondylolisthese-Patienten in Betracht. Bei erwachsenen Patienten variieren die Erfolgs- / Fusionsraten nach posterolateralen Spondylodese je nach Literaturangaben zwischen 66 % und 89 % (245). Die Pseudoarthrosen sind demnach nicht zu vernachlässigen; und selbst stabil erachtete Fusionen erweisen sich bei second look-Operationen häufig als nicht durchbaut (245). Darüber hinaus ist selbst eine solide posterolaterale Fusion kein Garant für den Halt des Gleitvorganges (75, 99, 128, 239). Boxall et al. (1979) protokollierten in ihren Studien bei Patienten mit einem Gleitwinkel  $>55^\circ$  nach erfolgreicher dorsolateraler Fusion eine Zunahme des Ventralgleitens mit einer Inzidenz von 40 %. Es sind genau diese Patienten mit höhergradigen Spondylolisthesen, großen Gleitwinkeln (slip-angle) und einhergehenden starken lumbosakralen Kyphosen, die ein erweitertes Operationsverfahren gegenüber einer in situ-Fusion erfordern. Eine ausgeprägte Kyphose im lumbosakralen Übergangsbereich kann zum Verlust der aufrechten Haltung führen. Ferner ist das Risiko eines weiteren Abgleitens recht hoch, erst recht wenn eine nervale Dekompression notwendig ist. Für diese Patienten scheint eine operative Korrektur beziehungsweise Reposition indiziert und sinnvoll zu sein. Dennoch wird die Reposition der lumbalen Wirbelsäule recht kontrovers diskutiert. Obwohl weitreichende Erfahrungen aus den letzten Jahren vorliegen, bleibt ein hohes Komplikationsrisiko, das viele Operateure scheuen. Grob überschlagen schätzt man, daß ein Drittel der Patienten vorübergehende oder bleibende neurologische Schäden unterschiedlichen Ausmaßes aufgrund von Überdehnungen der Nervenwurzeln oder durch vaskuläre Beeinträchtigungen davonträgt.

Zur Reposition und vor allem zur sicheren Fixation eines abgeglittenen Wirbels bei der Spondylolisthese kommen viele Operationsverfahren in Betracht. J.A. Jenkins (96) berichtete 1936 zuerst über eine Repositionsmethode. Über einen Längszug erfolgte die geschlossene Reposition, die durch eine ventrale Spondylodese gesichert wurde. Leider konnte das Korrekturergebnis nicht gehalten werden. Auch in neueren Zeiten gab es Ansätze, geschlossen zu reponieren. Bradford (23) und auch andere Autoren (142) experimentierten mit halo-femorale Extensionen über sieben bis zehn Tage, bevor eine Fusion vorgenommen wurde. Auch Ferris et al. (54) reponierten präoperativ, indem sie mittels Distraction auf einem Risertisch eine Hyperextension der Lendenwirbelsäule anstrebten und die erreichte Korrektur im Gipskorsett sicherten, bevor einige Wochen später eine dorsale Spondylodese durchgeführt wurde. Von Balderston und Bradford (11) ist eine postoperative Reposition bekannt geworden. Nach offen plazierter, posterolateraler Spondylodese erfolgte die geschlossene Reposition der Spondylolisthese durch schrittweise gesteigerten Zug auf die lumbosakralen Dornfortsätze, die mit Drahtcerclagen an einem Gipskorsett fixiert wurden.

Durchgesetzt haben sich hingegen die offenen, dorsalen Repositionsverfahren mit sofortiger Fixation in korrigierter Stellung.

Die ersten Erfahrungen mit der operativen Reposition wurden von Harrington und Tullos 1969 (75) veröffentlicht. Mittels zweier Harrington-Stäbe gelang über eine Längsextension die Reposition einer jugendlichen Spondylolisthese.

1975 stellte Schöllner eine interessante, rein dorsale Repositions- und Fixationstechnik vor (siehe Abb.: 24). Die zur Operation verwendete Sakralplatte und transpedikulären Doppelgewindeschrauben dienten sowohl der Reposition als auch der anschließenden, im selben Schritt durchgeführten Fixation. Eine dorsale, interkorporelle Spondylodese mit Knochenspanmaterial aus den Gelenkfortsätzen und dem Wirbelbogen schloß die Operation ab.

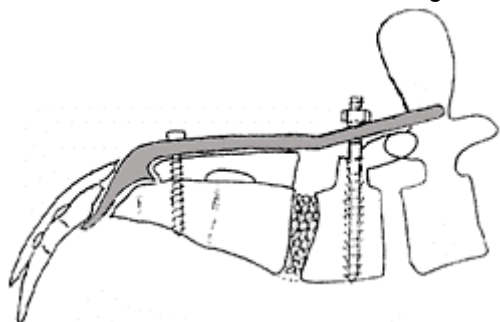


Abb. 24: Sakralplatte nach Schöllner (aus: 197)

Sijbrandij (204) kombinierte 1981 zwei Repositionsmethoden, indem er Schöllners Schrauben an Harrington-Stäben verankerte und eine Distractions-Spondylodese durchführte.

Edwards et al. (47) stellten 1988 ein Repositionssystem vor, welches eine graduelle, instrumentierte Korrektur ermöglichte. Das "Edward Modular Spinal System" erstreckte sich von LWK 4 bis SWK 2 und erlaubte über die 2-Punkt-Sakralfixierung und die Pedikelschrauben im Gleitwirbel eine kontrollierbare Reposition. Besonders wichtig waren ihnen eine langsame, graduelle Distraction und Translation des Gleitwirbels, um das Risiko neurovaskulärer Komplikationen so gering wie möglich zu halten. Auf diese Weise war es auch möglich schwere Spondylolisthesen und sogar Spondyloptosen zu reponieren (49, 91). Gerade in der Behandlung von Spondyloptose-Patienten fehlt es noch an sicheren Operationsmethoden und Erfahrungsberichten. Gaines und Nickols (60) stellten 1983 eine Technik vor, bei der zweizeitig vorgegangen wurde. Die anteriore Vertebrektomie von LWK 5 und eine Diskektomie der Bandscheiben LWK 4 / LWK 5 sowie LWK 5 / SWK 1 wurden zwei Wochen später ergänzt durch die Entfernung der dorsalen Anteile des Gleitwirbels und die Reposition von LWK 4 auf das Sakrum durch Fixierung mit einem Harrington-Instrumentarium und einer dorsolateralen Spondylodese.

Ch. Hopf et al. (88) publizierten 1991 gute Operationsergebnisse nach der Reposition spondylolytischer Spondylolisthesen durch das CD-Instrumentarium (Cotrel-Dubousset). Ein deutlicher Vorteil gegenüber dem Harrington-Verfahren konnte durch die Minimierung der Spondylodesestrecke erreicht werden.

1987 stellte W. Dick (38) den von ihm entwickelten Fixateur interne zur Behandlung höhergradiger Spondylolisthesen vor. Gleitwirbel sowie der kranial angrenzende Wirbel wurden von dorsal mit

transpedikulären Schanz-Schrauben versehen und mit longitudinalen Stäben verbunden, die Haken zur sicheren Fixation trugen. Die mit Muttern zu sichernden Haken ermöglichten lordosierende oder kyphosierende, distrahiende oder komprimierende sowie rotierende Kraftübertragungen. Über lange Hebelarme oder eine Spreizzange an den Schanz-Schrauben erfolgte die Reposition.

In den folgenden Jahren gab es einige technische Modifikationen der Repositionstechnik mit dem Fixateur interne. Ziel war es, eine dosiertere und leichtere Krafteinleitung bei der Reposition zu erreichen. So entwickelten Noack und Raetzel (164) einen speziellen "Repositeur", und Th. Hopf und E. Schmitt (89) stellten eine Schanz-Schraube mit einem Maschinengewinde vor, auf die eine Flügelmutter mit Distanzhülse zur dosierbaren Reposition paßt.

Es gab auch Ansätze von, ventral her zu reponieren und auf eine dorsale Instrumentierung zu verzichten. Louis und Maresca 1977 (132), Michel 1971 (148) sowie Weber und Zimmermann 1969 (230) zeigten, daß eine Reposition von ventral mit einem Hohmann-Hebel oder einem Elevatorium möglich ist.

Nach erfolgter Reposition, Stellung und primärer Fixation des Gleitwirbels mit einem Instrumentarium schließt sich allen Repositionstechniken die eigentliche Spondylodese an. Hierbei kommen alle a) ventralen oder b) dorsalen und c) kombinierten dorsoventralen Operationstechniken zur Anwendung, die in den letzten 40 Jahren publiziert wurden.

#### a.) Ventrale interkorporelle Fusionen

Eine ventrale Verblockung wird häufig und besonders bei pathologischen Bedingungen der anterioren und mittleren Säule der Wirbelsäule empfohlen, wenn dorsale Voroperationen fehlschlagen und das zu fusionierende Segment kyphotisch steht. In den meisten Fällen wird ein retroperitonealer Zugang gewählt, es sei denn, die Darstellung des lumbosakralen Übergangs ist durch höhergradige Olisthesen (>25 % nach Taillard) erschwert. In diesen Fällen ist der transperitoneale Zugang notwendig. Besonderer Wert wird auf einen stumpfen, muskelspaltenden Zugang gelegt, um eine Schädigung der abdominalen Muskulatur, wichtig zum Schutz vor rotierenden Kräften, so gering wie möglich zu halten. Im Zuge der weiteren Präparation zu den lumbalen Bandscheibenfächern ist die sorgfältige Darstellung und Mobilisation der iliakalen Gefäße von großer Bedeutung. Sicheres Anschlingen und Beiseitehalten sind essentiell für die Ausräumung des Zwischenwirbelraums und für die sorgfältige Platzierung des Knochenblockes und Spanmaterials. Das Risiko einer Gefäßverletzung stellt die größte Komplikation bei der ventralen Fusion dar. In einer 1993 veröffentlichten Studie wird die Wahrscheinlichkeit mit bis zu 18 % angegeben (9). Andererseits ist die Gefahr, bei männlichen Patienten durch die Verletzung des präsakralen Nervenplexus eine Impotenz zu verursachen, wie in der Vergangenheit häufig befürchtet wurde, weitgehend unbegründet. Es besteht ein geringes Risiko retrograder Ejakulationen. Diese werden vor allem beim transperitonealen Zugang beobachtet (100). Dagegen sind beim Flankenschnitt Ureterer-Verletzungen möglich.

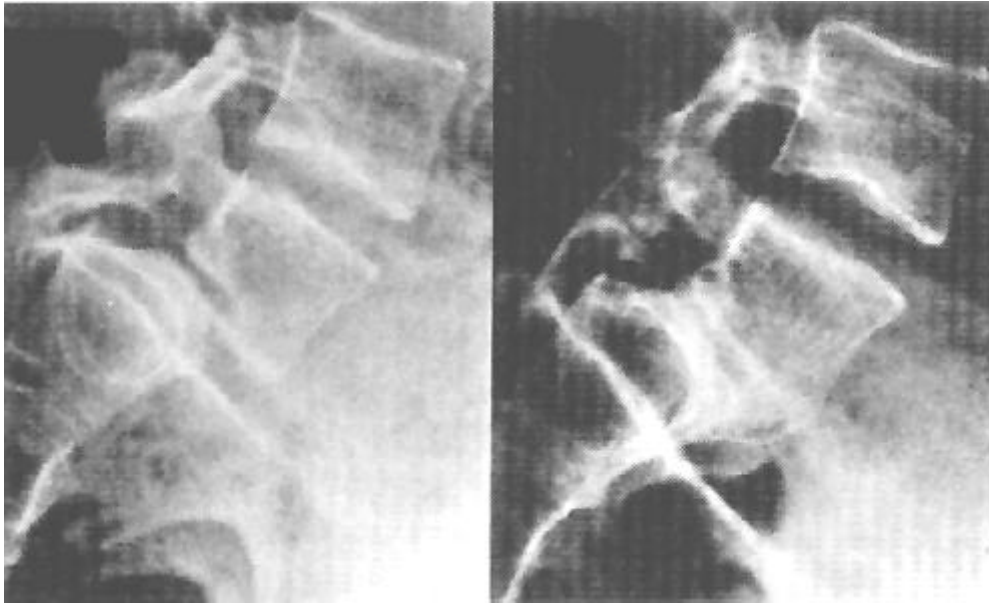


Abb. 25: Prinzip der ventralen Verblockung/Spondylodese: prä- und 3 Jahre postoperativ (aus: 194)

Die eigentliche interkorporelle Fusion erfolgt mit der Plazierung von geeignetem knöchernem Material in den Intervertebralraum (siehe Abb. 25) nach Entfernung der Bandscheibe. Die verbleibenden Anteile des dorsalen Anulus fibrosus sowie des anterioren Längsbandes helfen, eine primäre Stabilität des Implantates zu erhalten und das Ergebnis zu sichern. Die ventrale interkorporelle Spondylodese wurde erstmals 1932 von Capener (30) publiziert und ist bis heute ein gängiges Verfahren (33, 114, 137, 138).

Biomechanisch ist durch die ventrale Verblockung ein deutlicher Stabilisierungseffekt zu erreichen, wenn es postoperativ zur knöchernen Konsolidierung kommt (175). Als Vorzüge dieser Operationsmethode werden folgende Argumente angeführt: alleinige Fusionierung des betroffenen Segmentes, eine relativ kurze Immobilisationsdauer, eine geringe Pseudarthrosenrate sowie die Vermeidung typischer Komplikationen, die dem dorsalen Zugang anhaften können, zum Beispiel Nervenwurzelläsionen oder Implantatversagen nach Instrumentierung (73). Matzen (137) berichtete 1989 über gute OP-Ergebnisse mit einer Fusionsrate um 86 %. Cheng et al. (33) belegen die Erfolgsquote an einem kleinen Patientenkollektiv, dafür aber über einen follow-up-Zeitraum von zehn Jahren. Veröffentlichungen neuerer Zeit berichten über Fusionsraten zwischen 44 und 76 % (137).

Prinzipiell gibt es drei Arten von interkorporellen Verblockungstechniken, die zur Anwendung kommen. Eine Fusion kann erzielt werden mit breiten, kortikospongiösen Blöcken, mit schmalen, rundlichen, kortikospongiösen Dübeln oder mit Spongiosaspänen bzw. geraspelten Knochen in einem Implantatträger verpackt (zum Beispiel weitgehend umschlossene Cages aus Titan, Carbon o.ä. Materialien oder femoraler Kortikalisring). Die iliakalen Beckenkämme eignen sich besonders zur

Gewinnung autogener Blöcke oder Dübel. Die Verwendung von größeren Blöcken hat Vorteile bei der Erhaltung der Grund- und Deckplatten der zu fusionierenden Wirbel. Viel und qualitativ gutes Knochenmaterial kann plaziert werden, die Fusionswahrscheinlichkeit steigt, und das Risiko einer Spanresorption ist gering. Bei der Dübeltechnik kommt es zur lokalen Zerstörung der an die Endplatten der Wirbelkörper grenzenden Trabekel. Dies kann zu einer Implantatsinterung führen. Gelingt ein akkurater Sitz der Dübel im präparierten Bett, so läßt sich auch mit dieser Technik eine hohe Stabilität erreichen. Ist die Span- oder Dübelgewinnung aus dem Beckenkamm in ausreichendem Maße nicht gewährleistet, so bietet die "Käfig"-Technik eine Alternative. Wird zusätzlich eine Reposition angestrebt, so kann diese durch zwei von ventral eingebrachte Spongiosaschrauben in der Technik nach Sacks noch gesichert werden.

Eine weitere technisch interessante Variante ist die 1982 von Salis-Soglio vorgestellte Fusion mit einem Memory-Metall-Implantat (191). Das ringförmige, käfigartige Implantat aus einer Nickel-Titan-Legierung hat nach Kompression und Implantation in das Bandscheibenfach die Eigenschaft, sich nach Erwärmung auf 45°C auf seine ursprüngliche Höhe auszudehnen. Die Methode bietet die Möglichkeit von Teilrepositionen und Distractionen in begrenztem Umfang. Nach Aktivierung des Memory-Effektes wird spongiöses Knochenmaterial angelagert.

#### b) Dorsale und interkorporelle dorsale Fusionen

Eine erste erfolgreiche dorsale Spondylodese geht auf Hibbs im Jahre 1911 zurück (84). Er beschrieb die Spondylodese zur Behandlung der Tuberkulose. Das Konzept der "posterior midline fusion" wurde in den nächsten 50 Jahren weiterentwickelt und war die bevorzugte Methode bei lumbalen Wirbelsäulenerkrankungen. Die OP-Technik sah die interspinale bzw. interlaminae Fusionierung vor. Knochenspäne, die bei der Dekortizierung der Processus spinosi und von den Laminae anfielen, wurden als sogenannte "clothespin-grafts" ("Wäscheklammern") angelagert (Bosworth 1945).

In der Behandlung von Spondylolisthesen ist der konzeptionelle Gedanke durch die Fusionierung der hinteren Säule die statische Kraffteinleitung dort vermehrt aufzunehmen und eine Entlastung der schmerz sensitiven Strukturen zu bewirken.

Man erkannte im Verlauf von Jahren, daß dieser Methode viele Nachteile anhaften und die Ergebnisse nicht zufriedenstellend waren. In den sechziger Jahren wuchs eine breite Front gegen die dorsalen Fusionen, als man vermutete, daß eine reaktive Laminahypertrophie Spinalkanalstenosen verursachen kann. Ferner war die Rate an Pseudarthrosen relativ hoch, was man auf die ungünstige Positionierung des Spanmaterials fernab vom Bewegungs- und Rotationszentrum des Wirbels zurückführte (7). Zudem gestalteten sich Revisionseingriffe und Zugänge zum Spinalkanal schwieriger (55). Stabilitätsverluste, große Spondylodese Strecken und notwendige lange Immobilisierungszeiten sind weitere entscheidende Nachteile dieser Technik. Die alleinige dorsale (nicht-interkorporelle)

Spondylodese ist weitgehend verlassen worden, da mit ihr keine ausreichende Stabilisierung möglich ist, wie dies u. a. Suezawa et al. (215) 1981 nachweisen konnten.

Bei den dorsalen, interkorporellen Spondylodese-Operationen kommen die gleichen Operations- und Implantationstechniken wie bei den ventralen Fusionen in Betracht. Dennoch haben die dorsalen interkorporellen Spondylodesen, technisch perfektioniert durch Cloward 1953 (34) und Wiltenberger 1953 (233), nur eine begrenzte Verbreitung gefunden. Unzureichende Spantechnik in Verbindung mit zu geringen Fusionsstrecken führten häufig zu Instabilität der verblockten Segmente (73). Trotz der beschriebenen Nachteile wurden noch in jüngster Zeit rein dorsale interkorporelle Fusionen („PLIF“) ohne Reposition und Instrumentierung vorgenommen. Esses et al. berichteten 1995 über gute Resultate bei Patienten mit relativ hohen Gleitgraden (53).

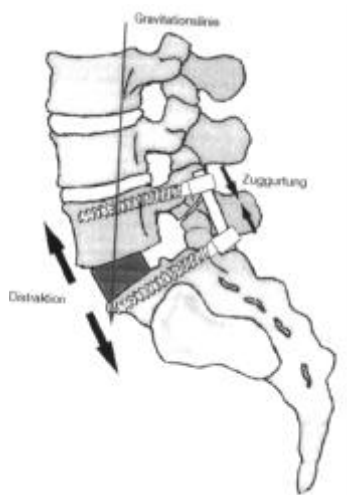
Auch bei rein dorsalen Eingriffen besteht das Risiko iliakaler Gefäßverletzungen. Wesentlich höher ist bei dieser Vorgehensweise das neurologische Risiko, da zur Präparation des Zwischenwirbelraums und Einbringung des Spanmaterials die Mobilisation der Cauda equina und die Retraktion der Nervenwurzeln erforderlich ist. (s. Ausführungen zu Komplikationen).

### c) Kombinierte dorsoventrale Fusionen

Ursprünglich wurden kombinierte Spondylodesen zur Sicherung des Fusionsergebnisses mehrerer Wirbeletagen und bei komplexeren, lumbalen Wirbelsäulenerkrankungen entwickelt. Mit alleinigen dorsalen, interkorporellen, nicht-instrumentierten Spondylodesen (z.B. „PLIF“) sind häufig nur unbefriedigende Fusionsraten zu erzielen. Da bei kombiniertem dorsoventralen Vorgehen bessere Erfolge erzielt werden, hat sich diese Technik auch bei spondylolytischen (isthmischen) und degenerativen Spondylolisthesen zu einem Standardverfahren entwickelt.

Rein ventrale Operationsverfahren werden heute nur noch selten angewandt. Die Risiken präsakraler Nervenplexusläsionen, die Gefahren der Verletzung großer iliakaler Gefäße (die aber auch für ein kombiniertes Vorgehen gelten!), die Tatsache, daß die ventrale Verblockung alleine häufig unzureichend ist und kein geeignetes Implantat für die anteriore Stabilisierung zur Verfügung steht, sprechen für ein dorsal-instrumentiertes oder kombiniertes dorsoventrales Vorgehen. Dies gilt insbesondere seit der Entwicklung interner Osteosynthese-Verfahren. Die Entdeckung des Pedikels als geeignete anatomische Struktur zur Instrumentation ist das Verdienst von Roy-Camille (188), der 1970 über eine Technik der Plattenosteosynthese unter Verwendung von Pedikelschrauben zur Behandlung von Frakturen berichtete. Die Erfindung der Pedikelschraube als solche geht auf D. King im Jahre 1944 zurück (107).

Die Weiterentwicklung des modernen Fixateur internes läßt sich auf Dick und Magerl und später auch Kluger zurückführen, die Anfang der achtziger Jahre dieses Jahrhunderts ihre ersten Fixateure vorstellten, die schnell den Einzug in die klinische Routine fanden (38, 43). Die dorsale Instrumentierung verbesserte die Fusionsraten deutlich, erlaubte dosierte, sichere Repositionen sowie Fixation mit demselben Instrumentarium und bot die Möglichkeit einer frühen Mobilisierung des Patienten (1, 38-41, 167, 168). Trotz des beeindruckenden Siegeszuges und der technischen Weiterentwicklungen des Fixateur internes in den letzten 20 Jahren, werden Kritiker nicht müde, auf die Komplikationen und Risiken der transpedikulären Verschraubung hinzuweisen. Eine jüngst dazu erschienene Studie von Pihlajamäki und Mitarbeitern (173) verdeutlichte anhand von 76 Komplikationen (!) bei 48 von 102 Patienten, daß die Operationen technisch anspruchsvoll sind, nur von erfahrenen Operateuren durchgeführt werden sollten und zudem die Indikation zur Instrumentation der Lendenwirbelsäule genau geprüft werden müßte.



Ziel der Operation ist die Reposition des Gleitwirbels, falls erforderlich und gewünscht, die ventrale Verblockung und die Sicherung mittels eines dorsalen Instrumentariums, zum Beispiel dem Fixateur interne oder einer Platte. Diese Eingriffe können einzeitig in zwei Operationsabschnitten oder zweizeitig durchgeführt werden. Ziel ist die Wiederherstellung eines physiologischen Wirbelsäulenprofils durch dorsale Zuggurtung und ventrale Distraction (vgl. Abb. 14).

Abb.26: biomechanisches Schema der dorsoventralen, interkorporellen instrumentierten Spondylodese (aus: 145)

Paul Harrington (75) wird im allgemeinen als geistiger Vater des dorsalen Fixateur internes angegeben. 1951 stellte er sein Distractionssystem zur Behandlung von Skoliosen und später auch von Wirbelfrakturen vor. 1976 verwandte Harrington (76) als erster Pedickelschrauben, um die Reposition einer Spondylolisthese zu unterstützen. Mit seinen bahnbrechenden Anstrengungen auf den Gebieten der Skoliose- und Traumachirurgie der Wirbelsäule gelang es ihm, die Pseudarthrose rate von 30 bis 40% auf 1 bis 15% zu reduzieren unter weitgehender Erhaltung der korrigierten Position, wie Langzeit-follow-up-Studien eindrucksvoll beweisen (44). 1969 unternahmen Harrington und Tullos (75), später auch Dickson (44), die erste operative Reposition und Fixation einer

juvenilen Spondylolisthese mit den von Harrington entwickelten Stäben. Sie kombinierten diese mit einer posterolateralen Spondylodese. Auch die von Knodt und Larrick (111) 1964 vorgestellte Distractionsspondylodese wurde mit einer dorsolateralen Spananlagerung gesichert. Hier beschränkte man sich auf die reine Distraction und verzichtete auf Repositionsmaßnahmen. Scaglietti et al. (193) modifizierten die Distractionstab-Methode, erreichten aber ebenso wie Harrington keine optimalen Langzeitergebnisse. Sie beobachteten postoperative Korrektur- und Stabilitätsverluste. So konnte man mit einer reinen Distraction keine Reduzierung des Gleitwinkels und kein Remodelling der Lendenwirbelsäule erreichen.

Die dorsoventrale, interkorporelle Distractionsspondylodese fand zu Beginn der achtziger Jahre mittels temporär implantierter Harrington-Stäbe viele Anhänger (73, 222, 247). Nach Implantation von Alahaken im Os Sacrum und Distractionshaken an den Wirbelbögen von LWK 1 oder 2 erfolgte unter Distraction ein nach dorsal gerichteter, reponierender Zug am Processus spinosus des dem Gleitwirbel kranial benachbarten Wirbels. Anschließend erfolgte nach Umlagerung die trans- oder retroperitoneal durchgeführte ventrale, interkorporelle Fusion durch einen Beckenkammspan. Die Nachbehandlung sah eine Gipskorsettversorgung von der dritten bis sechsten postoperativen Woche vor, welche anschließend durch ein Korsett ersetzt wurde. Nach Konsolidierung der Fusionsstrecke (ca. sechs bis acht Monate) wurden die Harrington-Stäbe wieder entfernt. Obwohl mit dieser Methode viele Spondylolisthese-Patienten erfolgreich operiert wurden, hatte sie einen gravierenden Nachteil. Um eine monosegmentale Spondylodese zu erzielen, war es notwendig, wenn auch nur temporär, nahezu die gesamte Lendenwirbelsäule zu instrumentieren. Funktionelle Störungen traten häufig in langstreckig immobilisierten Bereichen auf. Ferner war eine weitere Operation zur Metallentfernung erforderlich, die wiederum Risiken barg. Harms selbst stellte 1985 (74) eine Modifikation der OP-Methode vor, in der er die Harrington-Stäbe nur noch zur Reposition nutzte, das Ergebnis sogleich mit einer transpedikulären Fixation sicherte und dann mit der interkorporellen Fusion abschloß. Louis 1986 (133) und Roy-Camille 1993 (189) beschrieben in ihren follow-up-Studien unabhängig voneinander ebenfalls exzellente Fusionsergebnisse mit pedikelgestützten Fixateuren und Platten. Hähnel et al. (69) berichteten 1991 über gute Fusionsraten mit der von Harms modifizierten Operationstechnik. Unter dorsaler Instrumentierung mit dem USIS-System (Harms und Zielke) gelang es ihnen, die Pseudarthrosenrate auf 9 % zu senken. Eine nur von ventral reponierte und interkorporell fusionierte Patientengruppe von 152 Patienten erreichte bei gleicher OP-Indikation lediglich Fusionsraten von 75 % (69).

Bald stellte sich die Überlegenheit pedikelgestützter Implantate gegenüber den Harrington-Distractionstäben heraus, was durch viele vergleichende Studien eindrucksvoll belegt wurde (32, 177). Mc Afee et al. (140) und West et al. (232) stellten 1991 sehr gute Operations- und



Fusionsergebnisse nach zum Teil langen follow-up-Zeiten mit dem VSP- und CD-Instrumentarium vor. Boos et al. (17) berichteten über gute OP-Resultate unter Einsatz des AO-Fixateur internes (Dick).

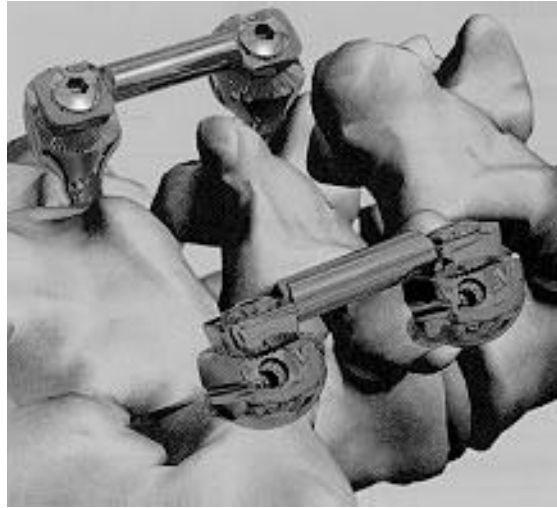


Abb.27: Beispiel eines modernen Fixateur interne (Kluger) [aus: 51]

Neuere Veröffentlichungen einer Multicenter-Studie (1996) in den U.S.A. zeigen interessante Ergebnisse mit semirigiden, dorsalen Implantaten (62). Die Köpfe der Pedikelschrauben sind als Kugelgelenke konzipiert, die den 4mm-Längsstab als semirigide Komponente aufnehmen, gesichert durch zwei Muttern kranial und distal des Kugelkopfes. Das System (MOSS) bewirkt eine Aufteilung der axial einwirkenden Kräfte auf die ventrale interkorporelle Arthrodesse und die dorsale Instrumentierung. Belastungen der Pedikelschrauben dorsal werden zu komprimierenden und somit fusionsunterstützenden Kräften ventral. Das Konzept der semirigiden Instrumentation schließt eine zirkumferale Fusion mit ein, das heißt, daß eine posterolaterale Knochenanlagerung der interkorporellen Fusionierung folgt.

## Material und Methoden

### **Patientengut und Datenerhebung**

Die vorliegende Nachuntersuchungsstudie zeigt mittel- und langfristige Ergebnisse dorsoventral operierter Patienten mit einer spondylolytischen Spondylolisthese.

Zwischen April 1987 und Dezember 1992 wurden in der Orthopädischen Universitätsklinik Gießen insgesamt 39 Patienten wegen einer spondylolytischen Spondylolisthese im Lumbalbereich in einer Etage dorso-ventral fusioniert. Alle 39 Patienten fanden unselektiert in der Studie Aufnahme, von denen 34 nachuntersucht werden konnten (Aufforderung zur Nachuntersuchung s. Anhang). Fünf Patienten war wegen Umzugs oder aus privaten Gründen die Einbestellung nicht zuzumuten, oder sie lehnten diese ab. Alle Patienten erhielten im Vorfeld der Untersuchung zwei doppelseitige Fragebögen zur Evaluierung ihrer prä- und postoperativen Situation zugesandt (Fragebogen I/II s. Anhang). Die Ergebnisse der fünf nicht erschienenen Patienten wurden ebenfalls registriert, flossen aber nicht in die Auswertungen ein.

In der Zeit von Oktober 1993 bis Mai 1994 untersuchten wir 34 Patienten (14 Frauen und 20 Männer). Aus den archivierten Ambulanzkarten, Krankenakten und Röntgenbildern aller Patienten wurden vorab die wichtigsten Informationen und Daten zum spezifischen prä- und postoperativen Verlauf zusammengetragen. Insbesondere waren folgende Punkte von Interesse (Erhebungsbogens "Akte" s. Anhang):

#### 1. Persönliche und OP-Daten

#### 2. Anamnesedauer und Verlauf präoperativ

Hier legten wir besonders auf die Erfassung der Art, des Ausmaßes und der Zeitdauer der präoperativen Beschwerden Wert. Wesentliche orthopädisch-neurologische Untersuchungsbefunde wurden dokumentiert, zum Beispiel pathologisch veränderte Wirbelsäulen und -beweglichkeiten, motorische und sensible Beeinträchtigungen, Finger-Boden-Abstand und Reflexverhalten.

#### 3. Art und Dauer der Vorbehandlung

Hierzu gehören Umfang der medikamentösen und sonstigen Schmerztherapie, Art und Dauer von balneophysikalischen Therapiemaßnahmen, Krankengymnastik und der Krankheitsverlauf mit technisch-orthopädischen Hilfsmitteln (Mieder, Korsett).

#### 4. Art, Grad und Etage der Spondylolisthese mit präoperativen radiologischen Befunden, Diagnose und Indikationsstellung

## 5. Operative Daten

Von Relevanz waren OP-Verfahren, Instrumentation (Implantattyp), Anzahl der fusionierten Wirbel sowie Art und Herkunft des Knochenspans, der zum Verblocken verwandt wurde; OP-Dauer und Blutverlust sowie die Erfassung von intra-und postoperativen Komplikationen, Spansinterungen und Pseudarthrosen.

## 6. Peri- und postoperative Behandlung und Verlauf

Analysiert und untersucht wurden das postoperative Ausmaß der Bettruhe, die Versorgung mit Gipskorsett und die Anwendung von orthopädisch-technischen Hilfsmitteln. In der weiteren ambulanten Nachbehandlung bis zum Nachuntersuchungstermin waren ferner Angaben über verordnete sowie selbständig durchgeführte krankengymnastische und physikalische Therapiemaßnahmen bzw. Kuraufenthalte von Interesse.

Der Sinn der Fragebögen bestand darin, leichter Rückschlüsse auf die tatsächlichen Veränderungen im Leben des Patienten ziehen zu können. Die Beantwortung in privater, häuslicher Atmosphäre stuften wir hinsichtlich der Selbsteinschätzung der eigenen gesundheitlichen Situation objektiver ein als in einem Arzt-Patienten-Interview, in dem man in bestimmten Situationen zu Beschönigungen oder aber Dramatisierungen neigt. Fragebogen I enthält anamnestische Fragen und Angaben über die Zeit vor der Operation, Fragebogen II sollte zum Teil vergleichende Angaben über den postoperativen Verlauf liefern. Besonderer Wert wurde auf die folgenden Angaben gelegt:

a) berufliche Situation prä- und postoperativ. Ist der Beruf derselbe geblieben? Erfolgte eine Veränderung im Sinne von Umschulung, Wechsel zu leichterer Tätigkeit oder Aufgabe des Berufes? Wie lange bestand Arbeitsunfähigkeit? Trat Arbeitslosigkeit ein? Wurde ein Rentenantrag gestellt? Welchen Beruf wählten jugendliche Patienten?

b) sportliche Aktivitäten prä- und postoperativ. Welche Sport- und Freizeitaktivitäten wurden ausgeübt? Welche mußten aufgegeben werden? Was konnte postoperativ wieder oder über welchen Zeitraum ausgeübt werden?

c) Schmerzmedikation prä- und postoperativ. Welche Medikamente wurden in welcher Dosierung über welche Zeitspanne eingenommen?

Um ein gutes Instrument zur raschen und orientierenden Beurteilung postoperativer Ergebnisse spondylolytischer Patienten zu bekommen, bedienten wir uns eines relativ einfachen klinischen Score-Bewertungssystems. Wir verzichteten auf die Entwicklung eines eigenen Wirbelsäulen-Scores und griffen auf ein von M. Hambly 1989 (71) zur Anwendung bei Spondylolysen und Spondylolisthesen vorgeschlagenes, bewährtes Schema zurück. Der Score berücksichtigt drei, rein subjektive

Parameter: Schmerzintensität, Schmerzmedikation und körperliche Aktivität. Jedes Kriterium zählt zu einem Drittel mit maximal 25 erreichbaren Punkten mit folgender Aufteilung:

<u>Schmerzintensität:</u>	-keine Schmerzen	0
	-vorübergehende Schmerzphasen	5
	-konstanter leichter Schmerz	10
	-erträgliche Schmerzen	15
	-starke Schmerzen	20
	-invalidisierende Schmerzen	25
<u>Schmerzmedikation:</u>	-keine Medikation	0
	-Medikamente der ASS-Gruppe	5
	-NSAR-Medikation	10
	-intermittierende Opiod-Derivat-Medikation	15
	-ständige Opiod-Derivat-Medikation: kleine Dosen	20
	-ständige Opiod-Derivat-Medikation: hohe Dosen	25
<u>Aktivitäten:</u>	-keinerlei Einschränkungen	0
	-alter Beruf u. freizeitaktiv: leichte Einschränkungen	5
	-alter Beruf, aber geringer belastungsfähig; leichter freizeitaktiv: mäßige Einschränkungen	10
	-Berufsaufgabe: nur leichte Arbeiten möglich; deutlich im Freizeitbereich eingeschränkt	15
	-absolute Arbeitsunfähigkeit u. Aufgabe von Freizeit- und Sozialaktivitäten	20
	-schwerste Behinderungen, auf Hilfe angewiesen	25

Die erreichten Werte pro Parameter werden zu maximal 75 Punkten addiert und folgendermaßen bewertet:

0-10 Punkte: exzellentes Ergebnis

10-20 Punkte: gutes Ergebnis

20-30 Punkte: mäßiges Ergebnis

> 30 Punkte: schlechtes Ergebnis

Wir veranlaßten die Patienten darüber hinaus zu einer rein subjektiven Einschätzung. Skalen und Fragebögen zur Schmerzerfassung bei lumbalen Rückenbeschwerden sind in klinischen Anwendung und Literatur weit verbreitet und haben sich bewährt (45, 150, 183, 190).

Die Patienten wurden aufgefordert, auf vorgegebenen, stufenlosen Skalen ihre allgemeinen, körperlichen und schmerzbedingten Beeinträchtigungen einzuordnen, Dauer und Intensität anzugeben und ggf. zu kommentieren (vgl. Fragebogen I/II im Anhang). Ferner wurden fünf konkrete Symptome im direkten Schmerzskalen-Vergleich prä- und postoperativ abgefragt: Rücken- bzw. Kreuzschmerzen, Beinschmerzen, Kribbel- und Brenn-Mißempfindungen der Beine und Taubheits- sowie Schwächegefühl in den Beinen.

Abschließend fragten wir jeden Patienten nach seiner Meinung und Bewertung (in vier Noten von "sehr gut" bis "schlecht") bezüglich Narbenbeschaffenheit und kosmetischem Ergebnis, aktueller Körperhaltung und OP-Ergebnis sowie der Empfehlbarkeit der Operation gegenüber Verwandten und Bekannten, die an derselben Krankheit leiden.

## Körperliche Untersuchung

Es schloß sich eine ausgiebige und genaue körperliche Untersuchung unter orthopädisch-neurologischen Aspekten an. Mit einem standardisierten Untersuchungsplan und -bogen wurden alle interessierenden Befunde erhoben und dokumentiert (siehe Dokumentationsbogen "Untersuchung - Klinik" im Anhang). Nach kurzer, einleitender Befragung über den aktuellen Gesundheitszustand baten wir die Patienten, sich vollständig zu entkleiden, um eine genaue Inspektion des Rumpfes und der Wirbelsäule im freien Stand vorzunehmen. Es schlossen sich funktionelle Untersuchungen und Vermessungen der Wirbelsäule und Prüfung der Beweglichkeit an (Finger-Boden-Abstand, Schober-Maß etc.). Schließlich erfolgte auf der Untersuchungsliege die manuelle Begutachtung der Wirbelsäule und der paravertebralen Muskulatur sowie die neurologische Evaluierung von dermatombezogener Sensorik, Motorik der Fuß- und Beinmuskulatur, des Reflexverhaltens und des Lasègue-Zeichens.

Im Anschluß an die körperliche Untersuchung wurden mit dem Einverständnis des Patienten aktuelle Röntgen-Untersuchungen der LWS im Stand in zwei Ebenen angefertigt. Diese Kontrolle entfiel, wenn die Patienten Bilder nicht älter als drei Monate mitbrachten oder entsprechende Aufnahmen in der Klinik vorlagen.

Ausgewählte Patienten wurden ferner zur Fotodokumentation herangezogen. Es wurden Aufnahmen in Vorbeuge und Seitneigung aufgenommen (s. Abb. 28)



Abb. 28: eigener Patient 59 Monate nach dorsoventraler Spondylodese

## Röntgenparameter

Nach Sichtung des vorhandenen Bildmaterials wurden die Nativ-, Funktions- und konventionelle Schichtaufnahmen, Computer- und Kernspintomogramme ausgewertet und vermessen. In erster Linie waren Standard-Röntgenaufnahmen der LWS in zwei Ebenen von Interesse. Es wurden folgende Daten ausgewertet: die letzten präoperativen, die unmittelbar postoperativen und die von 0,25, 0,5, 1, 2 und 5 Jahren nach der Operation. Unter Einbeziehung der aktuellen Aufnahmen wurden folgende Parameter bestimmt:

a) Gleitgrad in %-slip nach der modifizierten Meßmethode nach Taillard und Klassifizierung nach Meyerding I-IV

b) Gleitwinkel / slip-angle in Grad nach Boxall

c) Ausmaß der Lendenlordose LWK 1-5 in Grad

Die Punkte d)-f) wurden nur an den präoperativen Aufnahmen gemessen und ausgewertet.

d) Ausmaß der Sakralinklination zur Vertikalen in Grad

e) Ausmaß der Rundung / Domform der SWK 1-Oberfläche in %

f) Höhe des Index des Gleitwirbels in %

Die Parameter g) -i) stellen die Grundlage für den Versuch der rein quantitativen Bewertung der Fusionsmasse sowie ossärer Reaktionen im postoperativen Verlauf dar (s. Abb. 29).

g) ventrale Umbauvorgänge zwischen den fusionierten Wirbeln in den Qualitäten: 0= keine bis +++ = starke Reaktion

h) Grund- und Deckplattenerkennbarkeit in der fusionierten Etage als Maß für die Verschmelzung: 0= keine Erkennbarkeit mehr, d.h. komplette Verschmelzung mit dem Span bis +++ = noch sehr gute Erkennbarkeit der ossären Grenzflächen

Abb. 29. Fusionsbeispiel (eigener Patient)



i) Spanbeschaffenheit / Sinterung bzw. Resorption des Materials: 0= kein Span mehr erkennbar, volle Resorption bis +++ = Span voll erkennbar und gut mineralisiert

Eine genauere Bewertung und Ausmessung des eingebrachten Spans war in unserem Patientengut mit konventionellen Röntgenaufnahmen nicht möglich, da die Grenzen nicht exakt zu bestimmen waren. Die (gewünschte) Fusionierung läßt sich nativ-röntgenologisch nicht objektiv belegen. Eine in der Literatur vorgeschlagene Methode zur Ausmessung der Zwischenwirbelräume erwies sich nach anfänglichen Versuchen als ungeeignet(192).

Häufig wird deshalb die Beurteilung einer Fusion auf der Basis von konventionellen Röntgenaufnahmen angezweifelt (27). In einer aufschlußreichen Studie von Blumenthal und Gill (16) wurden 49 Patienten nach interkorporeller und instrumentierter Spondylodese untersucht. Im Rahmen der elektiven Metallentfernung neun Monate nach der Spondylodese wurde die Qualität der in situ-Fusion untersucht und mit Röntgenaufnahmen verglichen. Die Übereinstimmung zwischen radiologisch ermittelter Fusion und "second-look-Fusion" betrug 69%. Die Rate falsch-positiver Fusionseinschätzungen betrug 42%, die der falsch-negativen nur 29%. Die "wahre" Fusionsrate aller Patienten lag bei 90%. Der Vergleich der radiologischen Einschätzung mit den chirurgischen Befunden zeigt, daß in einem von fünf Fällen die Röntgenaufnahmen den Fusionsgrad unterschätzen. Die Autoren erklären dazu, daß prämineralisiertes Osteoid in der Fusionszone bereits funktionell fest ist, ohne dieses jedoch histologisch beweisen zu können, aber es im Röntgenbild noch transparent erscheint. Erst solide, trabekuläre Knochenbrücken lassen radiologisch sicherere Einschätzungen erwarten.

Andere Studien zeigen, daß von allen angewandten Methoden zur Evaluation des Fusionsstatus coronare und sagittale CT-Schnitte, bzw. deren dreidimensionale Rekonstruktionen die niedrigste Rate an Fehlern aufweisen (27). Aber, wie schon Bosworth 1948 mit seinem Satz "The only way to be sure of the status of fusion was to explore it!" (20) verdeutlichte, bleibt somit die radiologische Fusionsbeurteilung immer nur eine schätzende.

Die statistische Auswertung wurde mit Hilfe des Institutes für Medizinische Informatik der Universität Gießen vorgenommen. Zur Berechnung der Signifikanz kam der "Wilcoxon Matched Pairs Signed Ranks" - Test zur Anwendung.

## **OP-Methode bei ein- und zweizeitigen Eingriffen**

Alle 34 Patienten wurden dorso-ventral operiert. Bei 20 Patienten wählte man eine einzeitige Vorgehensweise, während bei 14 Patienten die Spondylodese zweizeitig durchgeführt wurde.

Zum Einsatz kamen folgende Implantate:

DKS-Instrumentarium:	20x
Aesculap-Fixateur interne	10x
Kluger-Fixateur interne	4x

Alle Eingriffe erfolgten monosegmental, d.h. der Gleitwirbel wurde jeweils mit dem sich kaudal befindlichen Wirbel fusioniert. 29 mal wurde die Etage LWK 5 / SWK 1 und 5 mal die Wirbel LWK 4/5 fusioniert. Dabei wurden insgesamt sieben (20,6%) nervale Dekompressionen durchgeführt. Es war vornehmlich das Ziel, eine stabile Fusion zu erreichen. Wenn möglich, wurde eine (Teil-) Reposition vorgenommen. Alle interkorporellen Verblockungen waren mit ein bis zwei trikortikalen, autologen Beckenkammspänen vorgenommen worden.

Die durchschnittliche OP-Dauer betrug 349 min. (200-515 min.). Einzeitige Operationen waren im Schnitt kürzer: 340 min (200 bis 445 min) als die zusammenaddierten OP-Zeiten der zweizeitig Operierten: 400 min (290 bis 515 min).

Der durchschnittliche Blutverlust aller Patienten betrug 1361 ml (450 bis 3800 ml). Patienten, die einzeitig operiert wurden, verloren im Mittel mehr Blut: 1582 ml (500 bis 3800 ml), als die in zwei Sitzungen operierten mit 917 ml (450 bis 1300 ml) Blutverlust.

Alle Patienten hielten postoperativ eine 10 bis 14-tägige Bettruhe ein und wurden anschließend mit einem Gipsmieder versorgt und mobilisiert (12 Wochen Tragedauer). Zur weiteren Mobilisation bzw. temporären Abstützung und Sicherung wurde den Patienten danach ein individuelles Mieder nach Hohmann oder Lindemann angepaßt.

### Vorgehensweise bei einzeitig operierten Patienten, Beispiel LWK 5 / SWK 1

Die Lagerung des Patienten erfolgte zunächst bäuchlings auf einem individuell einstellbaren und strahlendurchlässigen Wirbelsäulen-Block, der das Abdomen zuverlässig entlastete und die Lendenwirbelsäule gut entlordosierte. Man positionierte einen Bildwandler quer und deckte ihn steril ab. Der längsverlaufende Zugang erstreckt sich über die Mittellinie von LWK 5 bis SWK 1. Die Streckmuskulatur wurde beiderseits vorsichtig von den Dorn- und Querfortsetzen und Wirbelbögen abgeschoben. Jetzt stellte man die Wirbelbogenpartien bis zu den Gelenkfortsätzen von LWK 5 und SWK 1 beiderseits dar und identifizierte die Spondylolyse. Häufig imponierten ein lockerer



Wirbelbogen LWK 5 und ein nach dorsal prominentes Os sacrum. Die Insertionspunkte der einzubringenden Pedikelschrauben in LWK 5 und SWK 1 wurden mit Kirschnerdrähten unter Durchleuchtungskontrolle festgelegt und vorgebohrt. Anschließend wurden die Pedikelschrauben des jeweiligen Instrumentariums eingebracht und mit einem längsverlaufenden Stab beiderseits unter Distraction und gegebenenfalls Reposition miteinander verbunden. Bei höhergradigen Spondylolisthesen wurde zum Teil das Harrington-Repositionsverfahren mit temporärer Anlage von Stäben zwischen LWK 3 und SWK 1 gewählt. Unter maximaler Distraction erfolgten dann die Reposition und anschließend die pedikelgestützte Fixation in gewünschter Position mit dem Fixateur interne, bevor das Repositionsinstrumentarium wieder entfernt wurde. Eine abschließende Röntgenkontrolle sollte eine sichere, intraossäre Lage des Implantates zeigen sowie eine Aufweitung des Bandscheibenraumes LWK 5 / SWK 1 mit erfolgter (Teil-)Reposition.

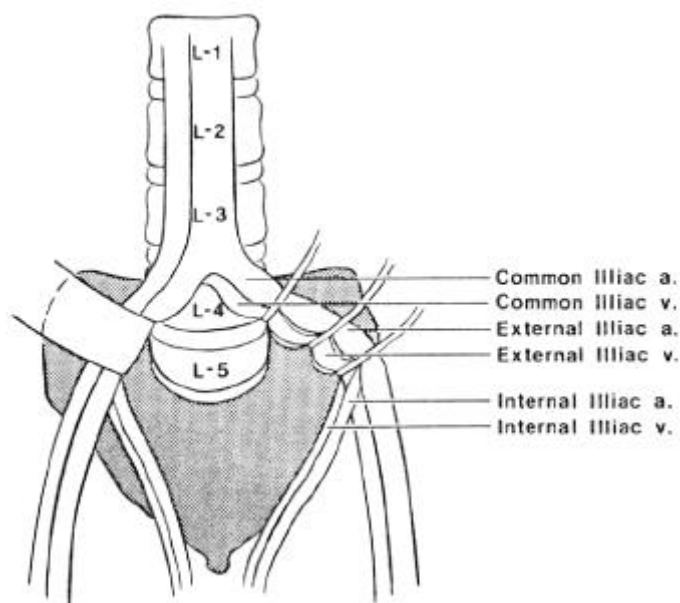
Nach Beendigung des dorsalen Eingriffs erfolgte die Umlagerung des Patienten in die Rückenlage. Dabei wurde zur Aufbiegung des lumbosakralen Überganges eine maximale Hyperlordosierung der Lendenwirbelsäule angestrebt. Zur optimalen Präparation und sicheren ventralen, interkorporellen Spineinbringung wurde der transperitoneale Zugang gewählt.

Nach medianem, links paraumbilikalen Unterbauchschnitt, Eröffnung des Bauchraumes und Verlagerung des Dickdarmes und der Dünndarmschlingen in den Oberbauch erfolgte die Darstellung des Retroperitonealraumes über LWK 5 und SWK 1. Aortenbifurkation, Zusammenfluß der Iliakalvenen und der Grenzstrang wurden identifiziert, mobilisiert und schonend aus dem Gebiet des Promontoriums beiseite gehalten und das Retroperitoneum gespalten. Unter Durchleuchtungskontrolle wurde die Bandscheibe LWK 5 / SWK 1 lokalisiert und nach stumpfer Präparation der Vorderflächen von LWK 5 und SWK 1 vorsichtig exzidiert.

Das häufig stärker degenerativ veränderte Bandscheibengewebe wurde vollständig entfernt. Störende Osteophyten wurden abgetragen und die freipräparierten Grund- und Deckplatten der angrenzenden Wirbel sorgfältig angefrischt, um ein gut durchblutetes Implantatlager zu schaffen. Bei starken, domförmigen Wölbungen der Oberkante von SWK 1 war es zum Teil erforderlich, diese abzutragen, um eine sichere Spineinbolzung zu gewährleisten.

Abb.30: lumbosakrale Gefäßverhältnisse  
(aus: 60)

Die Gewinnung von ein bis zwei kompakten, kortikospongiösen Beckenkammspänen erfolgte über einen weiteren Hautschnitt direkt über der ventrolateralen Crista iliaca unter Erhaltung der Spina iliaca anterior superior sowie unter Schonung des Nervus cutaneus femoris lateralis. Es wurde auf eine subtile Blutstillung, auch mit antistypischen Medikamententrägern, und ausreichende Drainage der meist stark blutenden Wunde geachtet. Die Spanentnahme erfolgte unmittelbar vor der Verblockung.



In maximaler Lordorsierung wurden möglichst groß zugeschnittene Späne bzw. ein Vollkeil in den Zwischenwirbelraum eingeschlagen. In der Regel klemmten sich die Keile gut ein. Zusätzliche Spongiosa-Anlagerungen sind nur dann erforderlich und sinnvoll, wenn der Span den Intervertebralraum nicht vollständig ausfüllt oder beim Vorstößeln bricht. Nach Entlordorsierung des Patienten kam es zur weiteren, sicheren und unverrückbaren Verklemmung des Keils. Im Anschluß an die Operation bzw. die Narkose wurden schon im Aufwachraum und dann in regelmäßigen Abständen Kontrolluntersuchungen der Motorik und Sensibilität der Beine durchgeführt.

#### Vorgehensweise bei zweizeitig operierten Patienten

Die in zwei Sitzungen operierten Patienten (n=14) stammen aus der ersten Hälfte der Serie. Mit dem Wechsel der Klinikleitung im Herbst 1989 wurde die operative Vorgehensweise geändert und das zweizeitige Verfahren verlassen.

Der erste Teil der zweizeitigen Operation bestand in der dorsalen, monosegmentalen Instrumentierung mit einem Fixateur interne analog dem Procedere der einzeitig Operierten. Im Schnitt und bei komplikationslosem Verlauf erfolgte nach zwei Wochen die ventrale Fusionierung durch die interkorporelle Späneinbringung. Es wurde meist ein retroperitonealer Zugangsweg gewählt. In Rechtsseitenlage erfolgte ein links-diagonal-lateral verlaufender Hautschnitt zwischen unterster Rippe und Leistenregion. Dieser Zugang ermöglichte gleichzeitig die Durchführung der ventralen Verblockung und vorab die Gewinnung der kortikospongiösen Späne vom seitlichen Beckenkamm. Ein weiterer Schnitt war nicht erforderlich. Im Zuge der weiteren Präparation wurden der Ureter identifiziert und mobilisiert und der M. psoas von der Wirbelsäule abgeschoben. Es erfolgten

anschließend die bildwandlergestützte Identifikation des Bandscheibenraumes LWK 5 / SWK 1 und Ligatur von segmentalen Gefäßen. Dann schlossen sich in analoger Weise die Präparation und Verblockung des Intervertebralraumes an. Auch die postoperative Nachbehandlung war identisch.

## **Komplikationen**

Insgesamt ereigneten sich im intra- und postoperativen Verlauf bei 15 Patienten (44,1 %) 18 Komplikationen im weitesten Sinne, die direkt oder indirekt mit der Operation in Zusammenhang zu bringen sind. Die zweizeitig operierten waren dabei zu 50,0 % und die einzeitig operierten Patienten zu 40,0 % betroffen. Acht Komplikationen bei sieben Patienten machten ein erneutes operatives Vorgehen erforderlich. Die Indikationen zur Revision lassen sich wie folgt aufschlüsseln:

### a) intra- und postoperative Komplikationen:

- eine epidurale Blutung aus dem epiduralen Venenplexus von LWK 5/ SWK 1, die 24 Stunden postoperativ eine Revision des Spanbettes erforderlich machte.
- eine periphere Lungenembolie auf dem Boden einer Unterschenkelvenenthrombose am 7. postoperativen Tag, Therapie: Heparinisierung / Marcumarisierung
- ein passageres Wurzelreizsyndrom L5/S1
- eine Spanlockerung bei Nicht-Verklebten > Span-Revision am 4. postoperativen Tag

### b) sekundäre Komplikationen während des stationären Aufenthalts:

- eine Duodenalulcus mit konservativer Therapie
- eine passagere Darmatonie mit konservativer Therapie

### c) nachstationäre sekundäre Komplikationen:

- eine oberflächliche Narbeninfektion ventral mit Sekundärheilung und -naht drei Wochen postoperativ
- ein lokaler Abszeß in der dorsalen Narbe acht Monate (!) postoperativ, Erreger: Staph. aureus, Therapie: Revision und Metallentfernung
- eine Narbenhernie ventral ohne weitere Therapie
- ein Narbenkeloid ventral mit Parästhesien
- eine Wundrandnekrose über dem Sakrum fünf Wochen postoperativ, lokale Exzision und Sekundärheilung
- drei Beckenkamm-Entnahme-Beschwerden, z.T. mit Meralgia paraesthetica, 1x Neurolyse
- ein Pedickelschraubenbruch nach Sturz > ME

- ein Implantatbruch (Verbindungsstab) ohne Metallentfernung, ohne Revision oder Folgeeingriff
- eine deutliche Spansinterung, Therapie: 18 Monate postoperativ Revision mit Metallentfernung und dorsolateraler Spondylodese
- ein chronisches lumbales Schmerzsyndrom 15 Monate postoperativ, Therapie: Revision mit Metallentfernung und dorsolateraler Spondylodese

### **Revisionen und Folgeeingriffe**

Bei den 34 Patienten unserer Studie wurden im Nachuntersuchungszeitraum insgesamt 15 Folgeeingriffe an 13 Patienten (vier einzeitig und neun zweizeitig operierte) vorgenommen. Zwei Patienten, beide zweizeitig operiert, mußten zweimal revidiert werden. Von diesen 15 Operationen entfielen sieben auf rein elektiv durchgeführte Metallentfernungen (Explantation des Fixateur interne). Diese sieben Patienten setzten sich aus sechs zweizeitig operierten und einem in einer Sitzung operierten Patienten zusammen. Die acht anderen obengenannten Folgeoperationen aufgrund von Komplikationen waren Revisionen, z.T. mit Metallentfernungen kombiniert.

Nur drei Eingriffe (ein einzeitig operierter und zwei zweizeitig operierte Patienten) dieser acht Operationen stellten Revisionen der Spondylodese im eigentlichen Sinne dar.

Bei einem Mann wurde der in zweiter Sitzung ventral eingebrachte Knochenspan am vierten postoperativen Tag unter Belassung des Fixateurs revidiert. Primär kam es zu keiner ausreichenden Verklemmung intra- bzw. postoperativ, was bereits auf den ersten Röntgenaufnahmen unmittelbar postoperativ zu erkennen war.

Bei zwei Frauen wurde bei anhaltenden Schmerzen und Verdacht auf eine Pseudarthrose in der fusionierten Etage eine Explantation des Fixateur interne mit anschließender posterolateraler Spongiosaanlagerung im Sinne einer Spondylodese vorgenommen.

Sowohl die Spanrevision als auch die posterolateralen Spondylodesen verliefen komplikationsfrei und erfolgreich. Sie erbrachten schließlich gute Resultate hinsichtlich Stabilität, Fusion und klinischem Ergebnis. Lediglich subjektiv war ein Patient nicht zufrieden.

Die fünf weiteren Revisionseingriffe bei drei Patienten (ein einzeitig operierter und zwei zweizeitig operierte Patienten) setzten sich wie folgt zusammen:

Drei Wochen postoperativ trat bei einer Patientin eine Wundinfektion auf. Nach offener Wundbehandlung schloß sich eine Sekundärnaht an. Bei derselben Patientin kam es zur Explantation eines Aesculap-Instrumentariums, nachdem sie sechs Monate postoperativ stürzte und beide kaudalen Pedickelschrauben (SWK 1) brachen. Die Exploration der interkorporellen Spondylodese erbrachte dabei eine solide Fusion, sodaß eine ventrale Revision nicht erforderlich war.

Bei einer Patientin mit ausgeprägter Meralgia paraesthetica wurde die Narbe über der Crista iliaca revidiert und eine Teilresektion des Nerven durchgeführt, da eine Neurolyse narbenbedingt nicht möglich war. Die Patientin wurde beschwerdefrei.

Nach der Revision des nicht ausreichend verklemmten Spans am vierten postoperativen Tag (s.o.) kam es bei einem dritten Patienten acht Monate (!) postoperativ zu einem Abszeß im Bereich des dorsalen Zugangs. Der lokal begrenzte, epifasziale Abszeß wurde ausgeräumt und eine Metallentfernung in gleicher Sitzung durchgeführt. Die Spondylodese erwies sich als fest.

## Ergebnisse

### Präoperative Auswertung

Die vorliegenden Ergebnisse der Nachuntersuchung resultieren aus den Untersuchungen und Befragungen von 34 Patienten, die zwischen Oktober 1993 und Mai 1994 in der Orthopädischen Universitätsklinik Gießen zu einer Kontrolluntersuchung einbestellt wurden.

Es nahmen 14 Frauen und 20 Männer im Alter von 20 bis 64 Jahren (durchschnittlich 40,1 Jahre) mit einer Nachuntersuchungszeit von durchschnittlich 41,1 Monaten (15-84 Monate, ein Pat. mit 120 Monaten) teil. Das Nachuntersuchungsintervall bei den zweizeitig operierten Patienten war mehr als doppelt so groß (62,2 Monate) im Vergleich zu den einzeitig operierten (30,2 Monate). Bis zu diesem Datum wurden alle Patienten in zwei Sitzungen operiert.

Das Alter der Patienten zur Zeit der Operation (bei zweizeitig operierten zählte das Lebensalter zum Zeitpunkt des zweiten operativen Eingriffs) betrug im Mittel 36,2 Jahre (13-60 Jahre). Dabei waren die Frauen im Schnitt deutlich jünger (29,2 Jahre) als die Männer (40,9 Jahre).

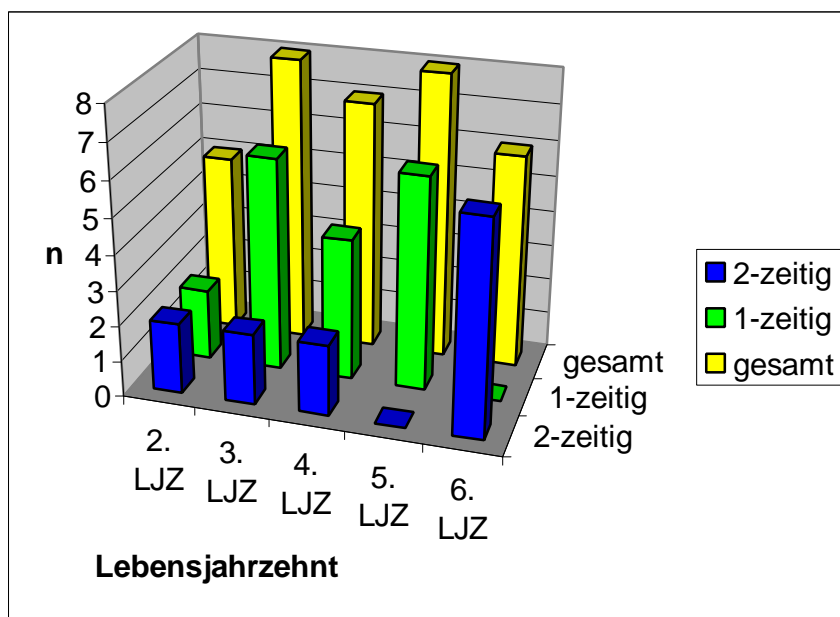


Abb. 31: Altersverteilung der 34 Patienten

Bei allen Patienten war aufgrund einer spondylolytischen Spondylolisthese eine dorsoventrale Spondylodese durchgeführt worden. In 29 Fällen waren die Etage LWK 5 / SWK 1 und in fünf Fällen

LWK 4/5 betroffen. Der präoperative Gleitgrad in Prozent (slip) und die Verteilung nach Meyerding sind folgender Tabelle zu entnehmen:

<u>Meyerding</u>	<u>Slip in %</u>	<u>n=Pat</u>
I	24,5	8
II	37,9	19
III	72,4	5
IV	84,1	2

Die geringste präoperative Dislokation betrug 21,9 %, die größte 88,8 % und im Schnitt 42,7 %. Alle Patienten klagten präoperativ über ausgeprägte bis quälende lumboschialgieforme Rücken- und Kreuzschmerzen und/oder eine echte Ischialgie bzw. pseudoradikuläre Beschwerden sowie in unterschiedlichem Ausmaß Dysästhesien oder muskuläre Schwächen. Entscheidend für die OP-Indikation war in jedem Fall die erfolglose, intensive, konservative Vorbehandlung mit mindestens einer Maßnahme z.B. Krankengymnastik. 27 Patienten (79,4 %) wurden mit zwei oder mehreren balneophysikalischen Therapiemaßnahmen vorbehandelt. 25 Patienten (73,5 %) waren zusätzlich mit ein oder mehreren Schmerzmedikamenten unterschiedlichster Art (NSAR / Opioidderivate) therapiert worden.

Präoperativ gingen 16 Patienten (47,1 %) einer geregelten beruflichen Tätigkeit nach. Die Mehrzahl der Männer hatte Berufe, die mit körperlichen Anstrengungen verbunden waren, während die Frauen leichteren Tätigkeiten nachgingen. 22 (64,7 %) Patienten (16 Männer mit durchschnittlich 10,5 Monaten / 6 Frauen mit durchschnittlich 6,8 Monaten) waren über unterschiedliche Zeitspannen krankgeschrieben worden bzw. arbeitsunfähig. Schüler und Studenten sind nicht berücksichtigt. Nur neun Patienten (26,5 %) waren präoperativ nicht in der Lage, sich sportlich oder freizeitaktiv zu betätigen. 73,5 % gingen, wenn auch nur zum Teil und begrenzt (Radfahren, Spaziergehen), sportlichen Aktivitäten nach. Die durchschnittliche präoperative Anamnesedauer betrug fünf Jahre, bei Männern durchschnittlich 5,9 Jahre und bei Frauen 4,3 Jahre.

Zur Beurteilung der präoperativen anatomischen Verhältnisse der Lendenwirbelsäule bzw. der olisthetischen Etage wurden folgende Parameter berücksichtigt:

Gleitstrecke (slip in %), Gleitwinkel (slip-angle in Grad), Lendenlordose (LWK 1-5 in Grad), Sakralinklination in Grad, S1-Rounding (Deckplattenrundung SWK 1 in %) und der Index von LWK 5 (Verhältnis LWK-Vorder- zu Hinterkante in %) und in den vier Gruppen der Gleitstreckenunterteilung gegenübergestellt (entspr. Meyerding-Grad I-IV). Die ermittelten Meßgrößen sind in Abb. 32 und 33 als Durchschnittswerte zusammengefaßt:

Tabelle zu Abb. 32:

	<u>Meyerding</u>	<u>Slip in %</u>	<u>Angle in °</u>	<u>Lordose in °</u>
1. Gruppe	I	24,5	64,5	39,9
2. Gruppe	II	37,9	67,7	41,7
3. Gruppe	III	72,4	96,4	54,8
4. Gruppe	IV	84,1	106,5	66,0

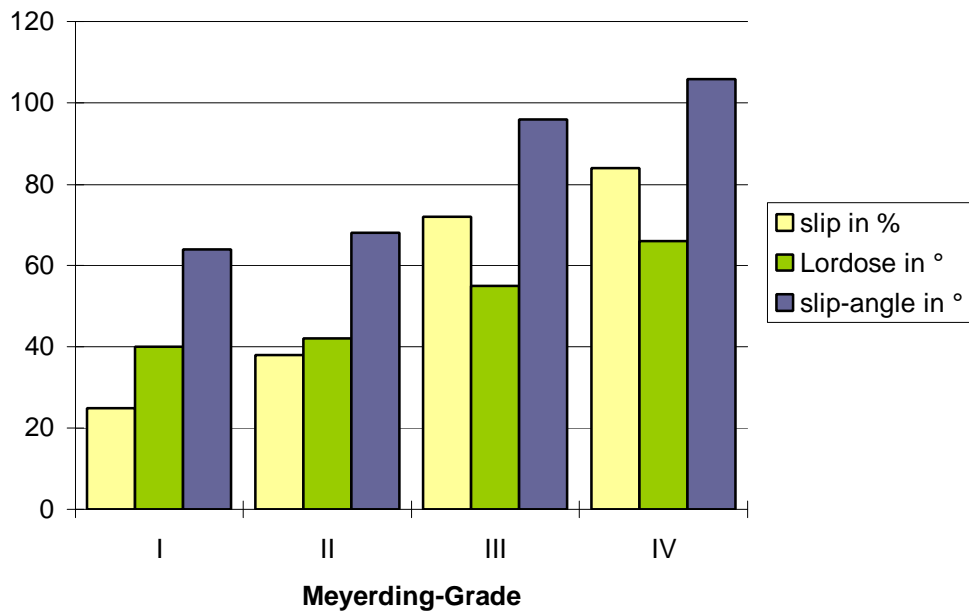


Abb. 32: präoperative Verhältnisse I

Tabelle zu Abb. 33:

	<u>Inklination in °</u>	<u>S1-Rounding in %</u>	<u>L5-Index in %</u>
1. Gruppe	55,9	25,0	79,9
2. Gruppe	52,3	34,2	74,4
3. Gruppe	41,8	46,9	62,4
4. Gruppe	34,5	49,0	54,8



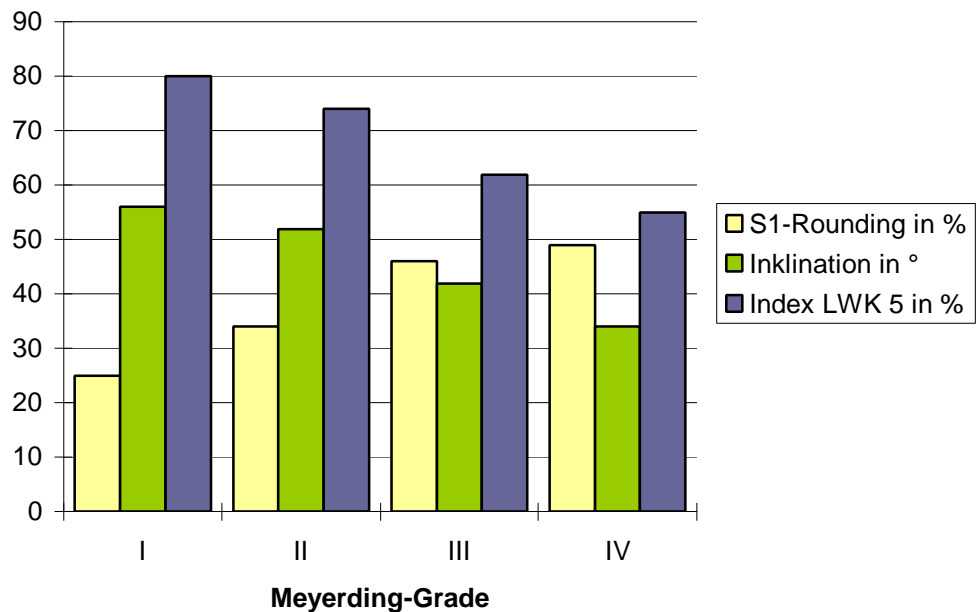


Abb. 33: präoperative Verhältnisse II

In Übereinstimmung mit der Literatur läßt sich feststellen: Mit steigender Gleitstrecke (slip) steigt der Gleitwinkel, steigt die Lendenlordose und steigt das Ausmaß des S1-Rounding. Gleichzeitig fallen Sakralinklination und L5-Index ab. Mit zunehmendem Gleit-Grad steigen die Lendenlordose sowie die Vertikalität des Os sacrum kompensatorisch an.

### Postoperative Auswertung - Teil I

Die Ergebnisse basieren auf den Auswertungen der Krankenakten, des Fragebogens II, der orthopädisch-neurologischen Untersuchung und der Röntgenkontrollaufnahmen. Zunächst sollen die "objektiven" Ergebnisse dargestellt werden:

Die mittlere OP-Dauer betrug 349 min (255-515 min). Einzeitige Operationen waren im Schnitt 60 min. kürzer als die addierten Zeiten der zweizeitigen Eingriffe.

Der geringste Blutverlust lag bei 450 ml, der maximale bei 3800 ml (durchschnittlich 1361 ml). Zweizeitig operierte Patienten verloren im Schnitt 917 ml Blut, die einzeitigen 1582 ml. Bewertet sind die absoluten Mengen ohne Berücksichtigung von Eigen- oder Fremdblut- bzw. Retransfusionen.

Der durchschnittliche Finger-Boden-Abstand (FBA) aller Patienten betrug präoperativ 13,6 cm. Postoperativ stieg dieser auf 28,0 cm ( $p \leq 0,0014$ ). Bei 22 Patienten (64,7 %) stellt sich eine Zunahme des FBA ein. Sieben (20,6 %) zeigten eine Abnahme, 5 (14,7 %) blieben gleich. Schlüssig zu diesen Werten verhielt sich das Schober-Maß. Es betrug präoperativ durchschnittlich 10 / 14,3 cm. Postoperativ fiel dieses auf 10 / 13,1 cm ( $p \leq 0,0004$ ). 21 Patienten (61,8 %) zeigten einen niedrigeren

Wert, fünf (14,7 %) ein erhöhtes Maß und acht (23,5 %) veränderten sich nicht im präoperativ-postoperativem Vergleich. Zwischen ein- und zweizeitig Operierten gab es keine signifikanten Unterschiede.

Das postoperative Maß der Seitneigung im Stand lag bei 23 (67,6 %) der Patienten zwischen 30 und 45°. Nur vier (11,8 %) waren im Bereich zwischen 0-9° deutlich oder schmerzhaft eingeschränkt. Die Überprüfung der beidseitigen Rotation bei feststehendem Becken wies bei 21 Patienten gute Ergebnisse zwischen 30-50° auf; nur zwei Patienten (5,9 %) waren zwischen 0 und 9° deutlich eingeschränkt. Hier zeigte sich im Vergleich, daß die einzeitig operierten jeweils deutlich besser abschnitten als die zweizeitig operierten Patienten: 16 Patienten (80,5 %) zu 6 Patienten (45,8 %) bei Erreichen einer Seitneigung zwischen 30-45° bzw. 13 Patienten (66,6%) zu 5 Patienten (37,5%) bei Erreichen einer Rotation zwischen 30-50°, jeweils zu beiden Seiten.

Bei der Untersuchung der Sensibilität fanden sich folgende Befunde: 15 (44,1%) Patienten gaben bei der Nachuntersuchung an, noch verschiedentlich Dysästhesien, Hypästhesien oder Kribbelparästhesien dermatombezogen zu verspüren. Diese blieben aber bei allen Betroffenen im erträglichen, nicht behindernden Maß (s. u.).

Die Ergebnisse der Überprüfung und des Vergleichs der Eigenreflexe (PSR und ASR) sind folgender Gegenüberstellung zu entnehmen (ein- und zweizeitig Operierte unterschieden sich nicht signifikant):

<u>PSR</u>	<u>präoperativ</u>	<u>postoperativ</u>
erloschen	2/68 = 2,9 %	4/68 = 5,9 %
abgeschwächt	10/68 = 14,7 %	11/68 = 16,2 %
normal	54/68 = 79,4 %	49/68 = 72,1 %
verstärkt	2/68 = 2,9 %	4/68 = 5,9 %

<u>ASR</u>	<u>präoperativ</u>	<u>postoperativ</u>
erloschen	4/68 = 5,9 %	7/68 = 10,3 %
abgeschwächt	17/68 = 25,0 %	26/68 = 38,2 %
normal	47/68 = 69,1 %	35/68 = 51,5 %
verstärkt	0/68	0/68

Die Untersuchung einiger Kennmuskeln für die Nervenwurzeln L4 (M. quadrizeps), L5 (Fußheber: M. ext. digitorum longus, M. ext. hallucis longus) und S1 (Fußsenker: M. gastrocnemius, M. soleus) erbrachte in der Regel Normalbefunde. In der klassischen Muskelfunktionsprüfung fielen jeweils 3 Patienten (8,8 %) mit deutlicher Kraftminderung (Zweier- und Dreier-Werte) bei der Überprüfung der Fuß- und Zehenheber auf. Dieses machte sich jedoch klinisch in keinem Fall bemerkbar.

Nach der Ausmessung und Auswertung der Röntgenaufnahmen im individuellen Verlauf ergaben sich folgende Ergebnisse:

a) Gleitstrecke (slip): Bei 27 Patienten (79,4 %) wurde eine (Teil-)Reposition durchgeführt, fünf (14,7 %) blieben in der Gleitstrecke unverändert, und zwei Patienten (5,9 %) verschlechterten sich (eine Patientin von 88,2 % auf 100 % und eine Patientin von 25,0 % auf 30,0 %). Die niedrigste ventrale postoperative Dislokation betrug 19,1 %, die größte 100 % und im Mittel 30,5 %. In der Unterscheidung zwischen den OP-Methoden zeigten 100 % der einzeitig operierten eine slip-Korrektur, während nur zwei Drittel (64,3 %) der zweizeitig operierten Patienten eine Korrektur verzeichneten. Im Vergleich zwischen präoperativem und unmittelbar postoperativem Röntgenbild waren 32 Patienten (94,1 %) in der Gleitstrecke reduziert (Abb. 34). Dieses Ergebnis ist mit  $p \leq 0,0001$  signifikant. Betrachtet man jedoch die Stabilität der slip-Korrektur bis zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung, so behielten 25 (73,3 %) Patienten ihr postoperativ gemessenes Korrekturergebnis (Toleranzgrenze bei der Auswertung:  $\pm 2,5$  % Gleitstrecke) bei. Auf die vereinfachte Meyerding-Klassifizierung übertragen sieht das Ergebnis folgendermaßen aus:

<u>Grad</u>	<u>präoperativ</u>	<u>postoperativ</u>
0	0	1
I	8	19
II	19	12
III	5	1
IV	2	1

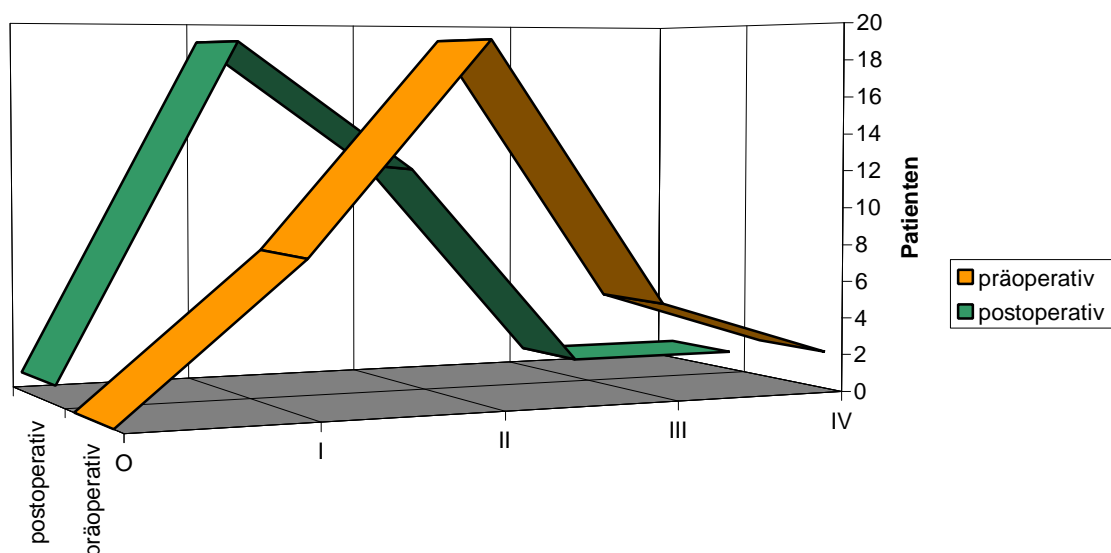


Abb. 34: Korrektur des Gleitgrades (slip)

b) Gleitwinkel (slip-angle): Bei der letzten Untersuchung ergaben sich bei zwölf Patienten (35,3 %) eine Verminderung (alle einzeitig operiert) und bei sechs Patienten (17,6 %) eine Vergrößerung des Gleitwinkels (34,0 % der einzeitigen bzw. 66,0 % der zweizeitigen). Bei 16 Patienten (47,1 %) ergaben sich keine Veränderungen.

c) Lendenlordose: Bei neun Patienten (26,5 %) ergab sich eine Verminderung (von 4° bis 20°) der Lordose zwischen LWK 1-5 (30,0 % der einzeitigen bzw. 21,4 % der zweizeitigen), bei 13 Patienten (38,2 %) resultierte eine Zunahme (von 4° bis 28°) (40,0 % der einzeitigen bzw. 30,0 % der zweizeitigen) und bei zwölf Patienten (35,3 %) blieb die Lendenlordose unverändert (+/- 2°) (30,0 % der einzeitigen bzw. 42,9 % der zweizeitigen).

d) Ventrale Umbauvorgänge: In 16 Fällen (47,1 %) kam es zu einer deutlichen (++) bis ausgeprägten (+++) ventralen Spangenbildung zwischen den fusionierten Wirbeln. Zehn Patienten (29,4 %) wiesen nur geringe (+) Umbauvorgänge auf und acht Patienten (23,5 %) zeigten keine Reaktionen. Zweizeitig Operierte zeigten tendenziell eine stärkere Neigung zum ventralen Umbau.

e) Deckplattenerkennbarkeit: Bei 31 Patienten (91,2 %) kam es zu einer weitgehenden (++) bis vollständigen (+++) Verschmelzung der Deck- und Grundplatten mit dem eingebrachten Span. Nur bei drei Patienten (8,8 %) waren die Endplatten zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung noch zu erkennen. Unterschiede im ein- und zweizeitigen operativen Vorgehen traten nicht auf.

f) Spanbeschaffenheit: In 26 Fällen des Gesamtkollektivs (76,5 %) war der implantierte, trikortikale Beckenkammspan gut (++) oder deutlich (+++) erkennbar. Acht Patienten (23,5 %) zeigten im Verlauf Spansinterungen (+). In keinem Fall kam es zu einer völligen Spanresorption. Unterschiede zwischen ein- und zweizeitig operierten Patienten waren nicht festzustellen.

Im Anschluß an die Einzelbetrachtungen wurden die operativen Ergebnisse nach Meyerding-Graden verglichen. Von Interesse waren die Entwicklung der Gleitstrecke (slip), des Gleitwinkels (slip-angle) und der Lendenlordose (LWK 1-5) im prä-postoperativen Vergleich. Alle Werte sind Durchschnittsangaben (Abb. 35):

a)

	<u>Meyerding</u>	<u>slip präop. in %</u>	<u>Slip postop. in %</u>
1. Gruppe	I	24,5	16,5
2. Gruppe	II	37,9	27,5
3. Gruppe	III	72,4	48,4
4. Gruppe	IV	84,1	72,0

b)

	<u>Meyerding</u>	<u>Slip-angle präop. in °</u>	<u>Slip-angle postop. in °</u>
1. Gruppe	I	64,5	68,0
2. Gruppe	II	67,7	69,7
3. Gruppe	III	96,4	82,0
4. Gruppe	IV	106,5	72,0

c)

	<u>Meyerding</u>	<u>Lordose präop. in °</u>	<u>Lordose postop. in °</u>
1. Gruppe	I	39,9	40,9
2. Gruppe	II	41,7	41,4
3. Gruppe	III	60,8	56,2
4. Gruppe	IV	68,0	66,0

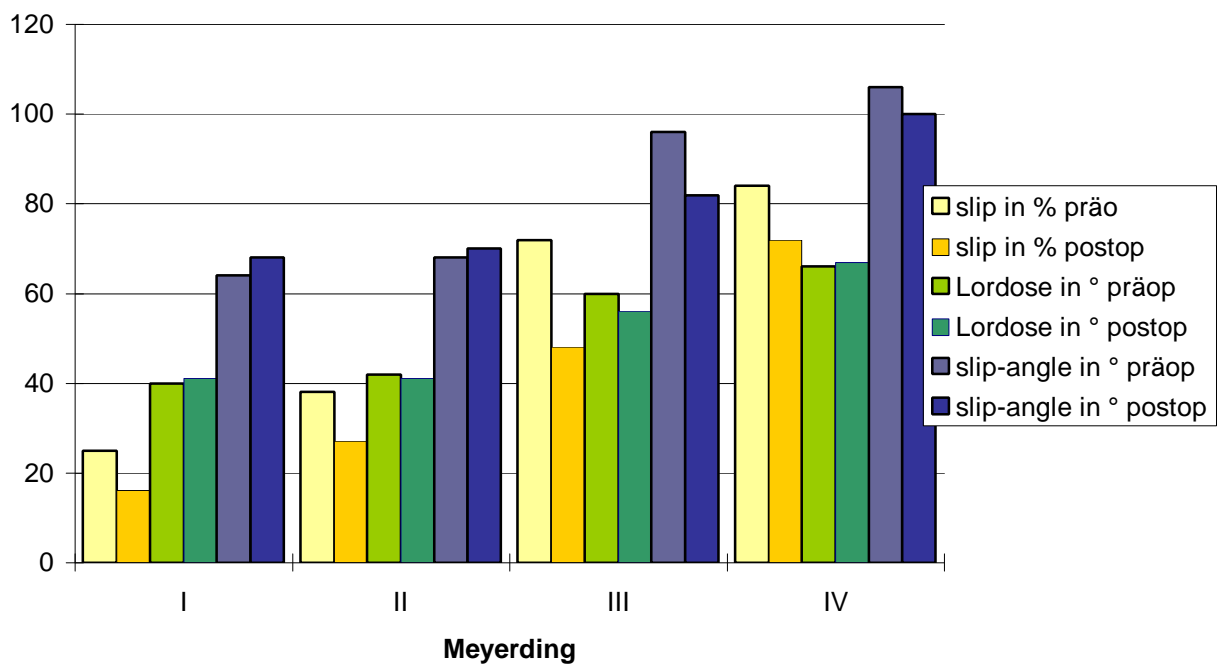


Abb. 35: Gleitstrecke (slip), Lendenlordose und Gleitwinkel (slip-angle) im prä-postoperativen Vergleich (n=34)

Bei Patienten der Gruppe 3 konnten die größten Korrekturergebnisse erzielt werden, mit deutlichem Abstand gefolgt von Patienten der Gruppe 4 und 2. Patienten mit niedrigen Gleitstrecken verzeichneten erwartungsgemäß die geringsten Korrekturergebnisse, was nicht verwundert, da eine Reposition nicht unbedingt angestrebt wurde. Der durchschnittliche Gleitwinkel erhöhte sich

geringfügig bei Patienten der Gruppen 1 und 2. Patienten der Gruppen 3 und 4 zeigten im Schnitt eine deutliche Reduzierung des slip-angle. Die Veränderung der Lendenlordose war in den einzelnen Gruppen unterschiedlich. Es waren sowohl eine Zunahme als auch eine Verringerung der Lendenlordose zu beobachten.

Bei der optischen Beurteilung der Fusionsstrecke auf dem seitlichen Röntgenbild der LWS hinsichtlich ventraler Umbauvorgänge, Deckplattenerkennbarkeit und Spanbeschaffenheit ergaben sich für die vier Gruppen folgende Befunde: Kleinere Gleitstufen zeigten eine schwächere Tendenz, ventrale Spangen auszubilden, d.h. 0- und + -Qualitäten überwogen. Je höher die Gleitstrecke, umso ausgeprägtere Umbauvorgänge (++, +++) waren zu erkennen. Die Erkennbarkeit der Wirbelgrenzen im verblockten Segment verhielt sich in allen Gruppen etwa gleich; über 80 % aller Patienten in den Gruppen wiesen keine (0) oder nur noch eine geringe (+) Grenzkontur auf. Auch die Spanbeschaffenheit zeigte keine signifikanten Unterschiede in den vier Gruppen, tendenziell wiesen jedoch Patienten mit geringeren Olisthesen postoperativ bessere Spanqualitäten auf als Patienten mit höheren Gleitgraden.

## **Postoperative Auswertung - Teil II**

Im zweiten Teil der Auswertung werden die subjektiv einzuschätzenden Ergebnisse aus den Fragebögen I und II und den Patientengesprächen dargestellt.

Alle Patienten waren präoperativ berufstätig, Schüler oder Studenten, 28 Berufstätige (82,4 %), sechs Schüler/Studenten(17,6 %). Von den 28 Patienten gingen postoperativ 20 (71,4 %) einer beruflichen Betätigung nach, 14 Patienten (50 %) im gleichen Beruf, und sechs (21,4 %) in einem neuen, körperlich leichteren Beruf. Acht (28,6 %) erhielten eine Rente, hatten sie beantragt oder galten als arbeitslos. Die Schüler und Studenten konnten ihre Ausbildung fortsetzen oder erlernten einen Beruf. Von Seiten der Klinik wurde eine auf die körperliche Belastbarkeit bezogene Berufsberatung durchgeführt.

Im Bereich Sport und Freizeitaktivitäten gaben präoperativ 25 Patienten (73,5 %) an, sich allgemein oder speziell zu betätigen (z.B. Ballsport im Verein, Radfahren, Schwimmen, Tischtennis, Tanzen). Von diesen 25 waren postoperativ nur noch 16 (64 %) aktiv. Dynamische sowie Rückschlagsportarten wurden verlassen. Es dominierten Sportarten wie Wandern, Schwimmen, Radfahren und Gymnastik. Insgesamt übten postoperativ 19 Patienten (55,9 %) Freizeitsport aus. Drei Patienten gaben zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung an, durch die Operation wieder in der Lage zu sein, sich sportlich zu betätigen (Radfahren, Schwimmen, Wandern). Leistungs- oder Wettkampfsport wurden von keinem Patienten nach der Operation ausgeübt.

25 Patienten (73,5 %) gaben präoperativ an, regelmäßig Schmerzmedikamente einzunehmen (NSAR, Tilidin, Tramadol, Morphinderivate). Postoperativ waren es noch 16 Patienten (47,1 %), die weiterhin Analgetika einnahmen. Fast alle konnten auf eine regelmäßige Einnahme von Schmerzmitteln verzichten ( $p \leq 0,027$ ) (meist NSAR). Nur vier Patienten (11,7 %) waren auf eine geregelte Dosierung potenterer Schmerzmittel angewiesen (Tilidin, Morphinsulfat, Tramadol). 18 Patienten (52,9 %) kamen postoperativ ohne Medikamente aus.

Zur Erfassung der Selbsteinschätzungen wurde eine stufenlose Skala benutzt:

Die angewandte Schmerzskala wurde in sechs gleich große Abschnitte unterteilt. Eine Markierung im linken Abschnitt wurde als leichter Schmerz und eine im rechten Feld als heftiger Schmerz gewertet. Bei der Bewertung der Behandlungsergebnisse wurde die Distanz zwischen der präoperativen und postoperativen Angabe ermittelt.

Beispiel: Intensität von Rückenschmerzen präoperativ (+) und post-operativ (•)

#### Patienten-Fragebogen

| \_\_\_\_\_ • \_\_\_\_\_ + \_\_\_\_\_ |

#### Auswertung

| \_\_\_ | • | \_\_\_ | \_\_\_ | \_\_\_ + | \_\_\_ | Schmerzeinheiten (SE)  
 1 2 3 4 5 6

#### Rücken-/ Kreuzschmerzen:

Vor der Operation klagten 32 Patienten (94,1 %) über Rücken- oder Kreuzschmerzen unterschiedlicher Intensität (durchschnittlich 4,2 SE). Postoperativ gaben 22 der 32 Patienten (68,8 %) eine Schmerzreduzierung um mindestens zwei Einheiten an, und 25 Patienten (78,1 %) gaben eine Schmerzreduzierung um mindestens eine "Schmerzeinheit" ( $p \leq 0,0001$ ) an. Neun Patienten (28,1 %) gaben Schmerzfreiheit oder nur minimale Restbeschwerden an. Insgesamt klagten 28 von 34 Patienten (82,4 %) bei der Nachuntersuchung weiterhin über Rückenschmerzen, zumeist aber in geringem Ausmaß (durchschnittlich 2,0 SE). Bei vier Betroffenen (11,8 %) waren die Schmerzen postoperativ ausgeprägter, bei fünf Patienten (14,7 %) blieben sie unverändert (Abb. 36). Zwischen ein- oder zweizeitig operierten Patienten ergaben sich keine Unterschiede im Hinblick auf die Beeinflussung der präoperativ geklagten Schmerzen.

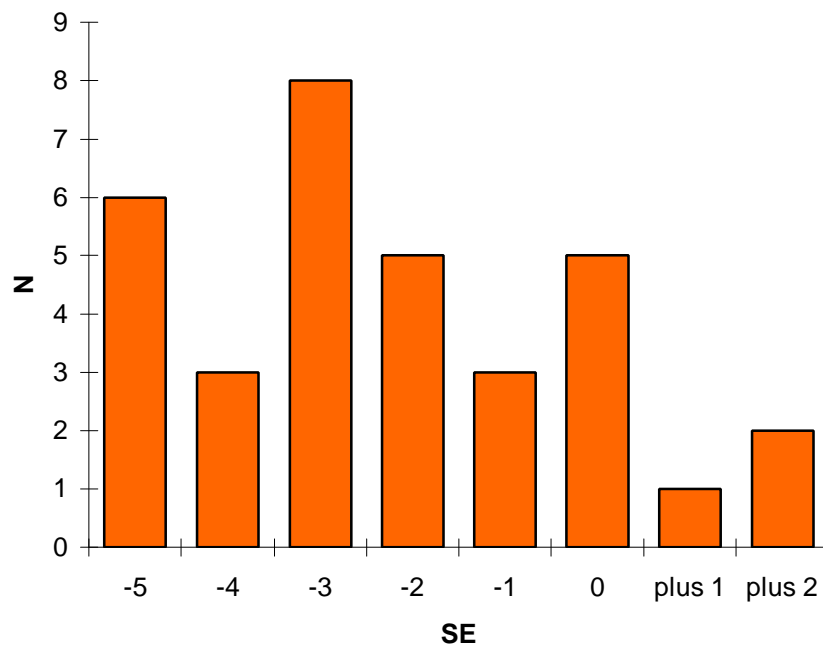


Abb. 36 Beeinflussung der Rückenschmerzen durch die Operation ( n=34; SE= Schmerzeinheiten)

#### Beinschmerzen:

Präoperativ klagten 30 Patienten (88,2 %) über Beinschmerzen (durchschnittlich 3,6 SE). Postoperativ gaben 21 der 30 Patienten (70,0 %) eine Schmerzreduzierung um mindestens zwei Einheiten an, und 23 Patienten (76,7 %) gaben eine Schmerzreduzierung um mindestens eine "Schmerzeinheit" ( $p \leq 0,0001$ ) an. Elf Patienten (36,7 %) gaben Schmerzfreiheit oder nur minimale Restbeschwerden an. Insgesamt klagten 23 von 34 Patienten (67,6 %) bei der Nachuntersuchung weiterhin über Beinschmerzen, zumeist aber in geringem Ausmaß (durchschnittlich 1,6 SE). Bei drei Betroffenen (8,8%) waren die Schmerzen postoperativ ausgeprägter, bei vier Patienten (11,8 %) blieben sie unverändert (Abb. 37). Zwischen ein- oder zweizeitig operierten Patienten ergaben sich keine Unterschiede im Hinblick auf die Beeinflussung der präoperativ geklagten Schmerzen.



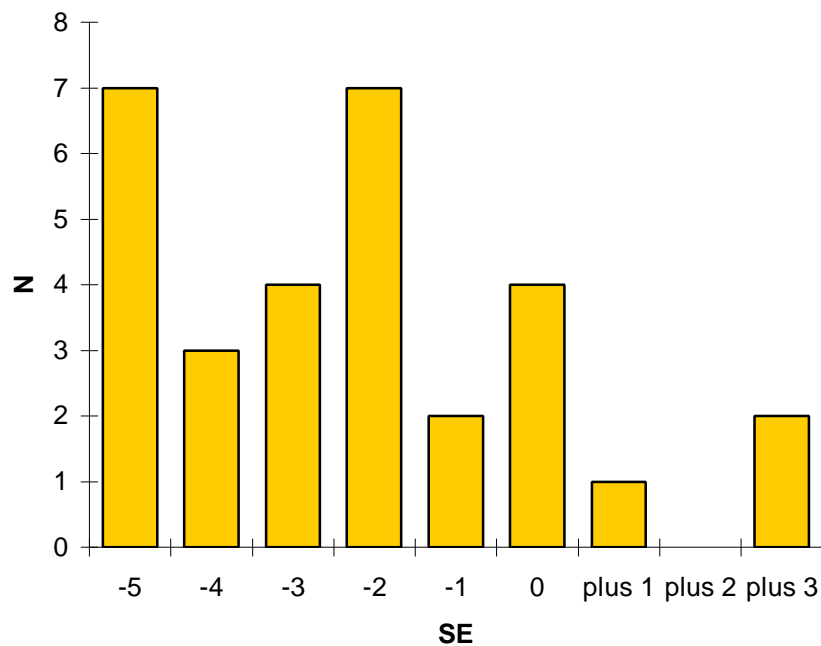


Abb. 37 Beeinflussung der Beinschmerzen durch die Operation ( n=34; SE= Schmerzeinheiten)

#### Sensibilitätsstörungen:

Vor der Operation klagten 26 Patienten (76,5 %) über Sensibilitätsstörungen in den Beinen unterschiedlicher Intensität und Art (Taubheitsgefühl, Kribbeln, Brennen; durchschnittlich 4,2 E). Postoperativ gaben 16 der 26 Patienten (61,5 %) eine Reduzierung dieses Gefühls um mindestens zwei Einheiten an, und 21 Patienten (80,8 %) gaben eine Beschwerdebesserung um mindestens eine "Einheit" an ( $p \leq 0,0001$ ). Zehn Patienten (38,5 %) gaben Beschwerdefreiheit oder nur minimale Restbeschwerden an. Insgesamt klagten 22 von 34 Patienten (64,7 %) bei der Nachuntersuchung weiterhin über Sensibilitätsstörungen der Beine, zumeist in geringem Ausmaß (durchschnittlich 2,5 E). Bei vier Betroffenen (11,8 %) waren die Beschwerden postoperativ ausgeprägter oder neu aufgetreten, bei zehn Patienten (29,4 %) blieben sie unverändert (Abb. 38). Zwischen ein- oder zweizeitig operierten Patienten ergaben sich keine Unterschiede im Hinblick auf die Beeinflussung der präoperativ geklagten Sensibilitätsstörungen.

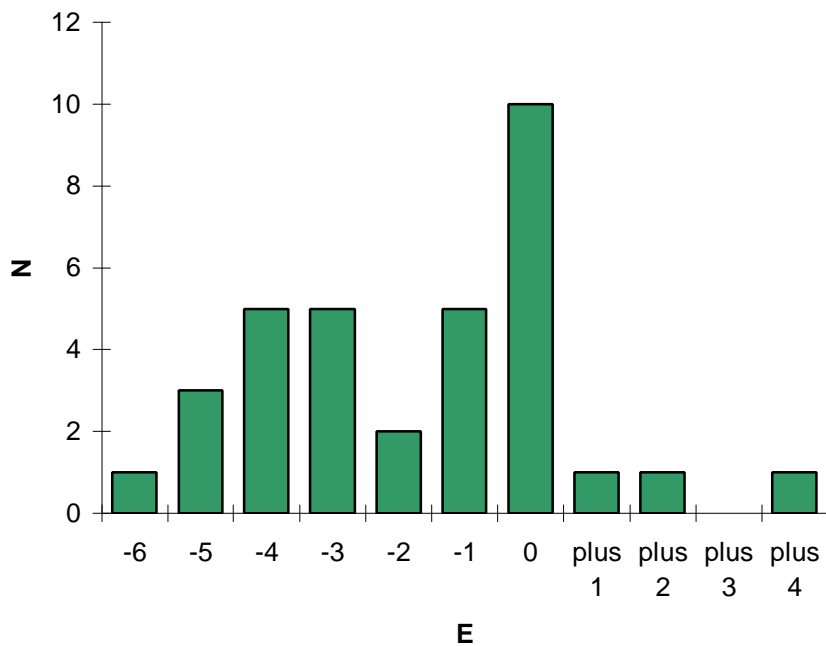


Abb. 38 Beeinflussung der Sensibilitätsstörungen durch die Operation ( n=34; E= Einheiten)

#### Schwächegefühl in den Beinen:

Vor der Operation klagten 25 Patienten (73,5 %) über ein Schwächegefühl in den Beinen unterschiedlichster Intensität (durchschnittlich 2,0 E). Postoperativ gaben 12 der 25 Patienten (48,0%) eine Reduzierung dieses Gefühls um mindestens zwei "Einheiten" (E) an, und 18 Patienten (72,0 %) gaben eine Reduzierung des Schwächegefühls um mindestens eine "Einheit" an. Elf Patienten (44,0%) zeigten Beschwerdefreiheit oder nur minimale Restbeschwerden ( $p \leq 0,0139$ ). Insgesamt klagten 17 von 34 Patienten (50,0 %) bei der Nachuntersuchung weiterhin über ein Schwächegefühl der Beine, zumeist in geringem Ausmaß (durchschnittlich 1,2 E). Bei einem Patienten (2,9 %) waren die Beschwerden postoperativ neu aufgetreten, bei 14 Patienten (41,2 %) blieben sie unverändert (Abb. 39). Zwischen ein- oder zweizeitig operierten Patienten ergaben sich keine Unterschiede im Hinblick auf die Beeinflussung der präoperativ geklagten Schwäche.

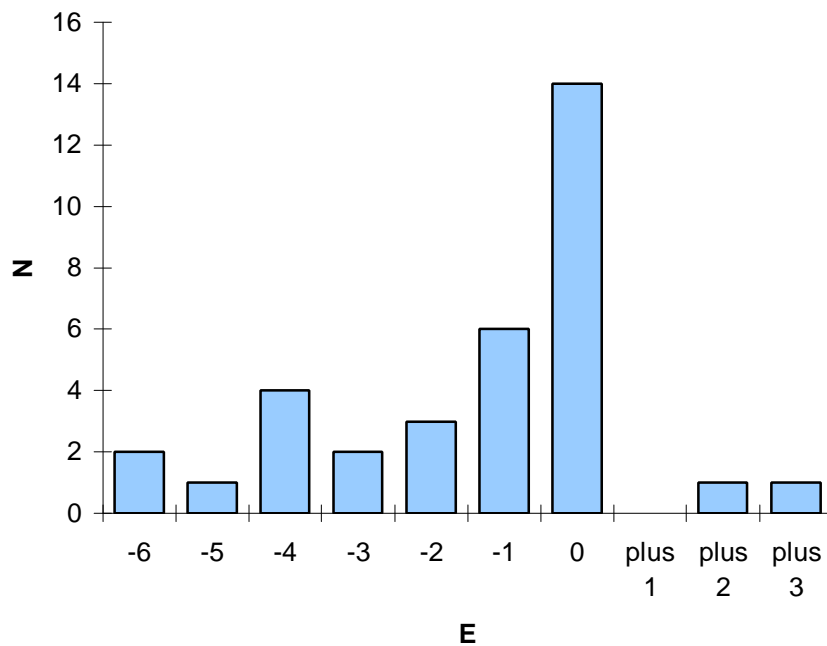


Abb. 39 Beeinflussung der Schwächegefühls durch die Operation ( n=34; E= Einheiten)

Bei der Befragung zur Gehleistung am Untersuchungstag gaben 26 Patienten (76,5 %) an, mehr als 30 Minuten ohne Schmerzen gehen zu können. Acht Patienten waren dazu nicht in der Lage: vier schafften nur eine schmerzfreie Gehleistung von ca. 15 Minuten und vier weitere Patienten gaben an, nur minimale Strecken beschwerdefrei zurücklegen zu können.

Die Auswertung der operativen Ergebnisse durch die klinische Untersuchung erbrachte folgende Resultate (Abb. 40):

	<u>Score präoperativ</u>			<u>Score postoperativ</u>		
	<u>ges.</u>	<u>1-z.</u>	<u>2-z.</u>	<u>ges.</u>	<u>1-z.</u>	<u>2-z.</u>
0-10 Punkte	<b>3</b>	2	1	<b>18</b>	12	8
10-20 Punkte	<b>3</b>	3	1	<b>8</b>	5	3
20-30 Punkte	<b>3</b>	2	2	<b>2</b>	1	1
> 30 Punkte	<b><u>25</u></b>	<u>13</u>	<u>10</u>	<b><u>6</u></b>	<u>2</u>	<u>2</u>
	<b>34</b>	20	14	<b>34</b>	20	14

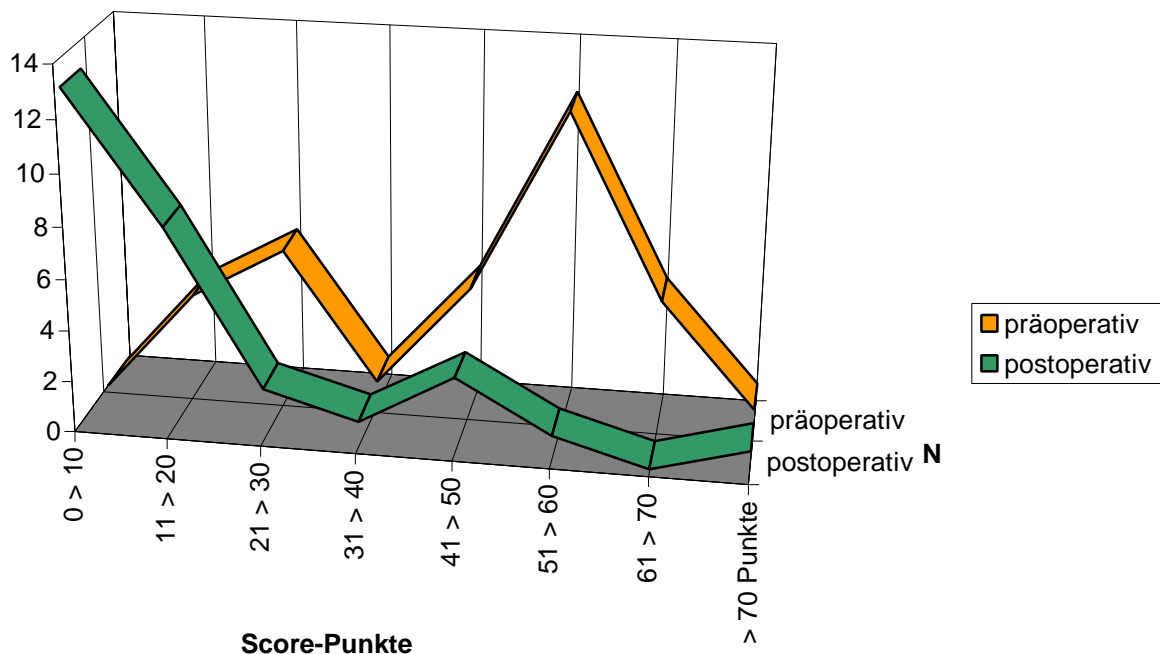


Abb. 40: Klinischer Score im prä-postoperativen Verlauf (n=34)  
 0-10= exzellent, 10-20= gut, 20-30= mäßig, > 30= schlecht

Der durchschnittliche Score-Wert aller Patienten lag vor der Operation bei 45 Punkten (10-75 Punkte) und postoperativ bei 17 Punkten (0-75 Punkte). Acht Patienten erreichten einen 0-Wert, und sechs Patienten wiesen über 30 Punkte auf. Alle Patienten bis auf einen (97,1 %) zeigten eine Verbesserung des Score-Werts ( $p \leq 0,0001$ ). Einzeitig operierte Patienten lagen im Schnitt präoperativ bei einem Score-Wert von 44 und postoperativ bei 15, bei zweizeitig Operierten ergaben sich 48 und 19 Punkte.

Im Folgenden werden die Operationsergebnisse in Abhängigkeit vom Schweregrad (Tab. A) und Alter bei der Operation (Tab. B) mit dem klinischen Score und verbliebenen Rücken- und Beinschmerzen verglichen.

Tab. A: Vergleich der Operationsergebnisse zwischen Schweregraden nach Meyerding (Angabe der Rücken- und Beinschmerzen in "Schmerzeinheiten" (SE))

	<u>Meyerding</u>	<u>Ø Score</u>	<u>Rücken</u>	<u>Bein</u>
1. Gruppe	I	24	2,4	3,1
2. Gruppe	II	19	2,5	1,7
3. Gruppe	III	4	1,6	1,0
4. Gruppe	IV	0	1,3	0,8

Tab. B: Vergleich der Operationsergebnisse zwischen den Altersgruppen

	<u>Lebensjahr</u>	<u>n</u>	<u>Ø Score</u>
1. Gruppe	10.-20.	5	1
2. Gruppe	21.-30.	7	11
3. Gruppe	31.-40.	7	9
4. Gruppe	41.-50.	8	34
5. Gruppe	51.-60.	7	24

Die rein subjektive Beurteilung der Patienten zum äußeren Erscheinungsbild und kosmetischen Ergebnis sind der Tabelle C zu entnehmen. Die Angaben beziehen sich auf die Gesamtheit der Patienten:

Tab.C: Bewertung von Narbe, Körperhaltung und kosmetischem Ergebnis (n=34)

<u>Bewertung</u>	<u>Narbe</u>	<u>Körperhaltung</u>	<u>kosm. Ergebnis</u>
sehr gut:	8 Pat. = 23,5%	0	1 Pat. = 2,9%
gut:	18 Pat. = 52,9%	20 Pat. = 58,8%	25 Pat. = 73,5%
mäßig:	6 Pat. = 17,6%	11 Pat. = 32,4%	6 Pat. = 17,6%
schlecht:	2 Pat. = 5,9%	3 Pat. = 8,8%	2 Pat. = 5,9%

Schließlich fragten wir die Patienten, wie sie selbst zurückblickend den Erfolg der Operation bewerten. Ferner interessierte uns, mit der Eigenbeurteilung im Hintergrund, ob die Patienten diese Behandlungs- bzw. Operationsmethode auch an Verwandte und Bekannte, die das selbe Leiden haben, weiterempfehlen würden (Tabelle D).

Tab.D: Übersicht zur OP-Zufriedenheit und zur Weiterempfehlung (n=34)

<u>Bewertung</u>	<u>OP-Zufriedenheit</u>	<u>Weiterempfehlung</u>	
sehr gut:	9 Pat. = 26,5%	ja:	26 Pat. = 76,5%
gut:	17 Pat. = 50,0%	bedingt:	4 Pat. = 11,8%
mäßig:	5 Pat. = 14,7%	nein:	4 Pat. = 11,8%
schlecht:	3 Pat. = 8,8%		

Unterschiede hinsichtlich ein- oder zweizeitig operierter Patienten ließen sich bei diesen Ergebnissen nicht erkennen.

## Diskussion

Spondylolysen und Spondylolisthesen treten mit einer Häufigkeit von 4-7 % resp. 2-10 % auf. Rückenschmerzen sind häufige Symptome, aber es ist insgesamt nur ein geringer Anteil von Patienten, der einer speziellen Behandlung bedarf. Demzufolge ergibt sich nur in wenigen Fällen die Indikation zur Operation.

Die Behandlung der symptomatischen Spondylolyse und der geringgradigen Spondylolisthese bei Heranwachsenden und Erwachsenen ist in der Regel konservativ. Ein individuelles wirbelsäulenstabilisierendes Trainingsprogramm der Rücken- und Bauchmuskulatur, das ggf. initial unter stationären Bedingungen erfolgen kann, medikamentöse Unterstützung und Belastungsreduzierung bzw. Teilimmobilisierung sind die Eckpfeiler der Therapie.

Inwieweit nach einer mehrwöchigen (Teil-)Immobilisation und Sportkarenz, wie Morita (154) und Stohr (212) beschrieben, eine Konsolidierung der Spondylolyse erreicht werden kann, beschränkt sich in der Literatur nur auf vereinzelte Mitteilungen. Beschriebene Erfolge und Ausheilungsquoten müssen zur Kenntnis genommen, können aber alternativ nicht gewertet werden. Der Therapiebeginn zum richtigen Zeitpunkt, vor dem Einsprossen von pseudarthrotischem Gewebe in den Lysespalt, ist essentiell. Es darf bezweifelt werden, ob dieses routinemäßig gelingt. Für unsere Patienten kam diese Therapiealternative in keinem Fall in Betracht.

Kinder und Jugendliche mit einer asymptomatischen Spondylolyse oder einer Spondylolisthese bis 25% benötigen zumeist keine Therapie. Restriktionen der körperlichen Aktivität sind nicht erforderlich (195). Es sollte eine eingehende Aufklärung über die Erkrankung erfolgen und regelmäßige röntgenologische Kontrollen, insbesondere während des Wachstumsalters, empfohlen werden. Eine "psychische Invalidisierung" sollte vermieden werden (194).

Eine Ausnahme bilden Heranwachsende mit Spondylolisthesen zwischen 25-50 %. Hier wird im allgemeinen eine Operation auch ohne klinische Symptomatik empfohlen, um eine weitere Progression aufzuhalten und präventiv späteren Problemen vorzubeugen (194). Als Operationsmethode der Wahl bei Adoleszenten wird die monosegmentale, dorsolaterale in situ-Spondylodese mit autologer Spongiosa angesehen. Fusionsraten von 90% und gute subjektive Ergebnisse zwischen 82-96 % sind keine Seltenheit (125, 194, 206).

Bei einem Abgleiten von mehr als 50 % besteht eine absolute Indikation zur stabilisierenden Operation.

Die überwiegend guten Ergebnisse bei 34 durchgeführten Operationen im eigenen Krankengut erleichtern die Indikationsstellung bei zukünftigen Entscheidungen. Beschwerdepersistenz oder -zunahme nach ausgeschöpften konservativen Therapiemaßnahmen, neurologische Ausfälle oder eine deutliche Progredienz der Spondylolisthese und das Alter der Patienten rechtfertigen ein operatives Vorgehen.

Welches Operationsverfahren bei welcher Ausprägung einer Spondylolisthese angewandt werden sollte bleibt bis heute Gegenstand intensiver Diskussionen. Im Verlauf der letzten Jahrzehnte und zahlreicher Studien ist man zu der Erkenntnis gekommen, die OP-Indikation sehr eng zu stellen und ein möglichst schonendes und minimales OP-Verfahren zu wählen.

Meines Erachtens ist es essentiell, die verschiedenen Grade der Spondylolisthese zu unterscheiden, zwischen einer operativen Stabilisierung an sich und einem reponierenden Vorgehen zu differenzieren und die Indikationen zu diesen Techniken deutlich voneinander abzugrenzen.

Geringgradige Olisthesen, etwa Meyerding Grad I, sollten in situ fusioniert werden. Bei den acht Grad I-Patienten unseres Kollektivs war die Indikationsstellung zur dorsoventralen, interkorporellen Spondylodese retrospektiv nicht mehr nachzuvollziehen.

Mit zunehmender Gleitstrecke, bis ca. 50% oder Meyerding Grad II, kann es bereits zu einer Kyphosierung im Gleitsegment kommen. Eine reponierende Operationstechnik mit interkorporeller Spondylodese ist dann gerechtfertigt. Bei vielen Patienten kann man pro oder contra Reposition argumentieren.

Spondylolisthesen mit ausgeprägten segmentalen Kyphosewinkeln, wie sie ab 50% Gleitstrecke anzutreffen sind, sollten stets reponiert und stabilisiert werden. Die Indikation zur ventralen interkorporellen Spondylodese mit dorsaler Instrumentierung ist immer gerechtfertigt.

Entscheidend bei der Indikationsstellung zur Operation ist die Tatsache, daß gering- und mittelgradige Ventrolisthesen zwar klinisch bedeutsam sein können, der Einfluß auf die Wirbelsäule und ihre Funktion insgesamt jedoch nur gering ist. Die sichere Fusion der instabilen Etage steht im Vordergrund; eine Progression muß verhindert werden. Von immenser Bedeutung ist die ventrale Abkipfung des Gleitwirbels bei höhergradigen Spondylolisthesen.

Dick und Elke veranschaulichten in einer biomechanischen Übersichtsarbeit "Die Bedeutung des sagittalen Profils und der Reposition bei der Spondylolisthese Grad III-V" (42). Sie betonen den größeren Einfluß der kyphosierenden Abkipfung des Gleitwirbels im Vergleich zur deckplattenparallelen Ventralverschiebung auf die Statik und Funktion. Letztere ist für Form und Funktion relativ unbedeutend, solange keine Nervenwurzelkompression auftritt, da nur eine geringe Hyperlordosierung der LWS zur Kompensation ausreicht. Hingegen hat die Kyphosekomponente über ein bestimmtes Winkelmaß hinaus gravierende, funktionell behindernde Kompensationsmechanismen zur Folge. Dies ist zum einen die maximale Lordosierung der Lendenwirbelsäule mit Hyperkyphosierung der Brustwirbelsäule und zum anderen die sukzessive Aufrichtung des Sakrums durch Hyperextension der Hüftgelenke. Im Extremfall kann die Flexion in den Kniegelenken weiteren Ausgleich ermöglichen.

Wie groß aber muß der Kyphosewinkel sein, um ein reponierendes Vorgehen zu indizieren? Und wo beginnt die Pathologie des Gleitwinkels, oder wie mißt man ihn korrekt? Leider gibt es nach meinen Recherchen in der Literatur keinen einheitlichen "Normwert", der die Winkelbeziehung zwischen SWK

1 und LWK 5 bei Gesunden beschreibt. Selbst die Meßmethoden variieren, wie ausgeführt wurde. Somit sind sowohl die Repositionsempfehlung ab 55° von Boxall (21) als auch die Unterschreitung des Kyphsewinkels " ? " von 85° bei Dick (42) diskussionswürdig. Beide Winkel sind in keiner Weise vergleichbar oder umrechenbar, und der Grenzwert wurde beliebig festgelegt.

In unseren Meßreihen betrachteten wir bei Gleitwinkelmaßen von über 80° die Indikation zur Reposition als gerechtfertigt. Den "Normwert" des lumbosakralen Überganges legten wir im Mittel mit 70° (+/-2°) fest, wie einige Vergleichsmessungen an Wirbelsäulen Gesunder zeigten. Nur zwölf der 34 Patienten unseres Kollektivs (35,3%) überschritten diese 80°- Marke. Hierunter fielen alle Meyerding-Grad III-/ IV-Patienten, aber auch fünf Grad II-Patienten.

Insgesamt wird klar, daß der operative Therapieansatz sehr differenziert betrachtet werden muß. Dies war nicht immer so, während in den sechziger Jahren noch langstreckige, multisegmental instrumentierte lumbale Spondylodesen durchgeführt wurden, wird heute ein monosegmentales Vorgehen bevorzugt. Man konzentriert sich auf die betroffene Etage, ja sogar auf den Defekt selbst, den spondylolytischen Spalt in der Interartikularportion. Ein aktuelles Behandlungskonzept in der operativen Therapie symptomatischer isthmischer Spondylolisthesen sollte folgendermaßen aussehen:

<u>Gleitgrad</u>	<u>Therapieform</u>
0-25%	konservativ direct repair in situ-Fusion
25-50%	Fusion mit oder ohne Reposition
> 50%	Reposition + instrum. dorsoventrale Fusion

Die Osteosynthese der Lysezzone ("direct repair") wird bei geringgradigen spondylolytischen Spondylolisthesen empfohlen. Sie ist besonders bei jungen Patienten geeignet, die noch keine Bandscheibendegeneration in der betroffenen Etage aufweisen, so daß der Versuch gerechtfertigt scheint, das Bewegungssegment zu erhalten. Die Indikation sollte nur bis zum 25. Lebensjahr gestellt werden (25, 79, 98). Buck (28) berichtete als erster 1970 über eine Schraubenosteosynthese, mit der Tonino und van der Werf (225) 1994 gute Langzeitresultate erzielten. Morscher und andere (2, 8, 155) erzielten gute Ergebnisse mit einer Hakenschraube. Scott (200) stellte 1987 seine Drahtcerclage vor. Bradford und Iza (25) berichteten mit dieser Methode über Fusionsraten um 90% und guten klinischen Ergebnissen um 80% bei unter Dreißigjährigen. Suh et al. (217) wiesen in diesem Zusammenhang darauf hin, daß es für den Behandlungserfolg mit den beschriebenen Verfahren entscheidend sei, daß



die Schmerzursache wirklich im Parsdefekt liegt und nicht etwa bereits von einem eher diskogenen Schmerz auszugehen ist. Probatorische Pars-Infiltrationen ermöglichen eine Schmerzdifferenzierung.

Kommt die direkte Behandlung der lytischen Pars interarticularis nicht in Betracht, wenn also das Ausmaß der Olisthese zu groß ist oder die im Erwachsenenalter dominierenden, sekundären, degenerativen Bandscheibenschäden mit einhergehender schmerzhafter Alteration des Bewegungssegments im Vordergrund stehen, so ist die operative Stabilisierung der Etage indiziert. Besteht keine Indikation zur Reposition, so ist nach wie vor die posterolaterale Spondylodese mit ihren Varianten, z.B. der ergänzenden transpedikulären Fixation (141, 209, 243, 244), Methode der Wahl.

Das vor über 30 Jahren von Wiltse (236) vorgestellte Konzept der dorsolateralen, monosegmentalen in situ-Fusion hat sich bei geringgradigen Spondylolisthesen bis heute als sicheres und komplikationsarmes OP-Verfahren bewährt (94, 115, 116, 207). Selbst Dislokationen bis 50 % können erfolgreich stabilisiert werden, Ischiadikusreizungen bilden sich zurück, und 75 % der von Edelmann (46) 1991 nachuntersuchten Patienten, die posterolateral fusioniert wurden, waren trotz schwerer Arbeit schmerzfrei. Diese Ergebnisse stehen in Einklang mit früheren Veröffentlichungen von Onimus et al. (169) und Seitsalo und Mitarbeitern (201, 202). In den achtziger Jahren wurden sogar Stimmen laut, vor allem aus dem anglo-amerikanischen Raum, auch Olisthesen der Meyerding- Grade III und IV in situ zu stabilisieren. Verschiedene Arbeitsgruppen erreichten bereits ab 1979 beachtliche Erfolge bei der dauerhaften Stabilisierung höhergradiger (>50%) Spondylolisthesen (21, 56).

Es gibt auch heute noch keine einheitlichen Empfehlungen, wie mittel- und höhergradiges Wirbelgleiten zu operieren ist. Gerade in diesen Fällen findet man in der Literatur eine große Bandbreite an vorgeschlagenen Operationsverfahren. Häufig unterscheiden sich bei einer symptomatischen Spondylolisthese die Meinungen in einen zentralen Punkt. Kommt noch eine in situ-Fusion in Betracht, oder ist die Indikation zur interkorporellen Spondylodese zu stellen? Und dann ergibt sich auch noch die Frage nach einer Reposition, sinnvoll oder nicht?

Grad II-Spondylolisthesen wurden in der Vergangenheit bereits vermehrt von ventral interkorporell fusioniert (41, 116, 137, 208, 241). Die ventrale, distrahiende Verblockung erlaubt die Wiederherstellung einer physiologischen Bandscheibenhöhe, welche mit einer Entlastung der Spinalnervenwurzel im Foramen intervertebrale einhergeht. Ferner ist eine (Teil-) Reposition möglich. Gute klinische und subjektive Ergebnisse der ventralen Fusion, auch aus jüngster Zeit, die denen der dorsolateralen Spondylodese bei leichteren Gleitgraden in etwa entsprechen, scheinen diese Vorgehensweise zu bestätigen (99, 202, 223).

Dennoch meine ich, wie auch andere Autoren, daß die alleinige ventrale Spondylodese und die in situ-Fusion bei höheren Gleitgraden nicht in der Lage sind, eine sichere Fusion zu gewährleisten (145). Der weiterbestehende Lysespalt und die Inkongruenz oder Dysplasie der Facettengelenke bewirken

eine Restbeweglichkeit im Bewegungssegment, welche den Boden für resorbitive Prozesse oder eine Instabilität bilden.

Aus biomechanischen Überlegungen ist es auch zweifelhaft, ob eine dorsolaterale Spondylodese in der Lage ist, eine zunehmende segmentale Kyphosierung aufzuhalten. Es mangelt an einer ventralen Abstützung, und die dorsale Fusionsmasse gerät unter erhebliche Zug- und Biegekräfte, die eine dauerhafte knöcherne Fusion verhindern. Auf eine Wiederherstellung einer physiologischen Wirbelsäulenstatik wird somit bewußt verzichtet. Aber dabei ist es gerade diese Fehlstatik, die einer Gleitprogredienz Vorschub leisten kann. Trotz radiologisch solide durchbauter dorsolateraler Fusionsmasse kann es durch plastische Verformungen des angelagerten Spanmaterials zu einer Progression kommen, die im Laufe der Zeit wieder zu Beschwerden führt. (6, 21, 29, 56, 77). Hensinger (82) gab 1989 dazu Häufigkeiten zwischen 25-40% an. Auch neurologische Läsionen sind bei in situ-Fusionen nicht auszuschließen, wie Schönecker et al. zeigten (198). Sogar nach in situ-Fusionen mit neuraler Dekompression sind Fälle eines Cauda-equina-Syndroms bekannt geworden (139).

So mehren sich in der jüngeren Vergangenheit die Stimmen, die nach eigenen Erfahrungen bei höheren Dislokationen eine Reposition des olisthetischen Wirbels fordern (48, 70, 163, 210). Die Diskussion um die Reposition ist so alt und lang wie die Entwicklungsgeschichte der entsprechenden Techniken (36, 74, 163, 197, 204). Metz-Stavenhagen et al. (145) bringen es in einem jüngst erschienenen Artikel letztlich auf den Punkt: "Schlußendlich werden durch eine komplette Reposition in physiologische Stellung die auf den lumbalen Übergang wirkenden Axial- und Scherkräfte in den physiologischen Bereich gebracht und ein harmonisches Verhältnis zwischen dorsaler Zuggurtung und ventraler axialer Kraft erzielt."

Es zeigt sich ein Trend, mit technisch ausgereiften und immer leichteren, schonenderen Verfahren das physiologische Profil der Lendenwirbelsäule wieder herstellen zu wollen.

Zum Beispiel stellen Kluger et al. die Indikation zur anatomischen Korrektur bei geeignetem Operationsverfahren schon früh (110). Sie befürworten bereits die Reposition von Spondylolisthesen der Grade I und II, wenn diese ohne großen Mehraufwand und geringem OP-Risiko zur in situ-Fusion erreicht werden kann. Sie argumentieren, daß das Risiko neurologischer Komplikationen mit der Größe des Repositionsweges korreliere und daß der von ihnen verwendete Wirbelsäulenfixateur das Risiko neuraler Läsionen deutlich minimiere.

Durch die Entwicklung und Verbreitung moderner Repositionssysteme und sicherer, komfortabler transpedikulärer Fixationen ist es heute möglich, jede Spondylolisthese zu korrigieren (17, 21, 176). Wird aber, so muß man fragen, nicht häufig zu unkritisch die Indikation zur Korrektur gestellt? Verführt die einfach gewordene technische Handhabung der Instrumentarien zu unnötigen Repositionen? So logisch und konsequent die Argumentation der Repositions-Anhänger auch sein mag, so stehe ich dieser Entwicklung sehr kritisch gegenüber. Neben höheren Kosten (Implantate) kann man vor allem

das höhere OP-Risiko anführen (17, 176, 204, 210). Ferner fehlt letztlich der wissenschaftliche Beweis für die Notwendigkeit einer Reposition geringer Dislokationen bzw. für die Überlegenheit zur in situ-Fusion (194). Wählt der Operateur eine Reposition, so entscheidet er sich auch für eine interkorporelle Spondylodese und die transpedikuläre Fixation des Gleitwirbels. Beide Maßnahmen bergen im besonderen neurologische Operationsrisiken. Zum Beispiel kann es nach höheren Spondylolisthesen der Etage LWK 5 / SWK 1 vor allem durch die Reposition der Ventraldislokation, weniger der Kyphose, zu Wurzelläsionen von L5 oder der Cauda equina kommen. Um den Betrag, den der Wirbel reponiert wird, muß sich nämlich die L5-Wurzel dehnen. Paresen der Kennmuskeln können resultieren und werden hier mit einer Häufigkeit bis zu 22 % (13) beobachtet (22, 23, 133, 210). Daher ist die intraoperative Darstellung der Nervenwurzel unbedingt erforderlich, damit diese ständig während des Repositionsmanövers beobachtet und geschont werden kann. Einige Autoren empfehlen daher, Korrekturen von Spondylolisthesen Grad IV sowie Spondyloptosen zur Minimierung des neurologischen Risikos in bestimmten Fällen zwei- oder sogar mehrzeitig unter Einsatz eines Fixateur externes zu reponieren (87, 134, 145).

In diesem Zusammenhang gibt F. Hohmann allerdings auch zu bedenken, daß die Spondylolisthese und Spondyloptose selber ein neurologisches Risikopotential beinhalten und dieses in die Kalkulation des OP-Risikos mit einzubeziehen sei. Boxall et al. fanden bei 29-50 % ihrer Patienten mit Spondylolisthesen Grad III und höher präoperativ motorische Wurzelläsionen (21). Halm et al. (43 %) und Lehmer und Mitarbeiter (63 %) bestätigen diese Beobachtungen (70, 127).

In unserem Patientenkollektiv hatten nur sieben Patienten präoperativ eindeutige, radikuläre Symptome. Eine neurogene Claudicatio intermittens ließ sich bei keinem Patienten nachweisen, so daß man davon ausgehen muß, daß der überwiegende Teil der angegebenen Beschwerden pseudoradikulärer Natur war. Da die Mehrheit nur geringgradige Spondylolisthesen aufwies, paßt dieser Befund zur allgemeinen Auffassung, daß Schmerzen bei Dislokationen bis 50% eher diskogener, degenerativer Natur sind und nur selten ein neurologisches Korrelat zeigen (194).

Bei 27 Patienten ist eine (Teil-)Reposition (Reduzierung der Gleitstrecke) vorgenommen worden. Daß unmittelbar postoperativ in den Kontrollaufnahmen fast alle Patienten eine Reduzierung des Gleitgrades erkennen ließen, liegt unseres Erachtens an der geringfügig geänderten lumbalen Wirbelsäulenstatik, die sich nach einem dorsoventralen, interkorporellen Eingriff ergibt. Interessant ist, daß in der follow-up-Zeit bei 25 Patienten mit einer Toleranz von +/- 2,5% das Korrekturergebnis beibehalten werden konnte. Dieses Resultat spricht für eine solide Durchbauung der Fusionsstrecke und Stabilität. Von neun Patienten mit Korrekturverlusten wurden sechs zweizeitig operiert. Ob die Verluste in dieser Gruppe bedeutungsvoll sind, kann angesichts der kleinen Fallzahl nicht beurteilt werden. Erwartungsgemäß treten bei höhergradigen Olisthesen größere Korrekturverluste auf.

Bei der von uns verwendeten Winkelmessung zur Bestimmung des lumbosakralen Kyphosewinkels kommt es nach der Reposition zu einer Abnahme des Winkelmaßes. Unsere postoperativen Ergebnisse zeigen bei zwölf Patienten mit zumeist mittel- oder höhergradigen Dislokationen erwartungsgemäß eine Abnahme des Kyphosewinkels nach der (Teil-)Reposition. Bei diesen kam es auch zu einer merklichen Reduzierung der Lendenlordose. Die Tatsache, daß es bei sechs Patienten zu einer (durchweg geringen) Kyphosevergrößerung kam, ist in zwei Fällen (Pat.-Nr. 5 u. 14) mit einer echten Zunahme der Dislokation zu erklären. Bei den anderen vier Patienten (Pat.-Nr. 1,2,11,12) wurde keine nennenswerte Reposition vorgenommen. Die Winkelveränderungen lassen sich durch eine Positionsänderung bei der Spondylodese bzw. Instrumentierung erklären.

Hinter dem Versuch, eine interkorporelle Fusion postoperativ zu beurteilen steht der Wunsch, durch quantitative radiologische Veränderungen den Erfolg der Spondylodese zu bewerten. Welche Bedeutung kommen der im Röntgenbild erkennbaren Spansinterung und der ausbleibenden Fusion zu?

Bis heute ist keine wissenschaftlich anerkannte Methode zur postoperativen Spanvermessung in der Verlaufsbeobachtung von interkorporellen Fusionen bekannt. Sieht man von konventionellen Schichtaufnahmen ab, die gegenüber Summationsbildern zur Klärung dieser Frage hilfreich wären, welche wir unseren Patienten aber nicht zumuten wollten, bleibt lediglich eine abschätzende, visuelle, grobe Abstufung rein qualitativer Aussagen in der seitlichen Standard-Röntgenaufnahme. Wir definierten drei Parameter (s.o.) und versuchten, vergleichende Aussagen zu treffen. Zunächst interessierte die eigentliche Spanbeschaffenheit. In der Vorstellung, daß eine instabile interkorporelle Spondylodese - im Rahmen resorbativer Prozesse - die Verminderung der Fusionsmasse nach sich zieht, erhofften wir Aussagen über die Stabilität. In dem von uns untersuchten Kollektiv kam es bis auf eine Ausnahme zu keinen ausgeprägten Spansinterungen oder Lysen. Lediglich bei acht Patienten war eine geringgradige Resorption zu beobachten. Bei zwei dieser acht Patienten traten Implantatbrüche auf. Beide erreichten dennoch gute subjektive und klinische Ergebnisse.

Als weiteres Maß für die Organisation der Fusion zogen wir die zugegebenerweise sehr subjektive Identifizierbarkeit der an den Span grenzenden Grund- und Deckplatten heran. Bei guter Durchbauung sollten diese nur noch schemenhaft zu erkennen sein. In unserem Patientengut kam es überwiegend zu einer guten bis sehr guten Verschmelzung der Fusionsmasse. Nur die Röntgenaufnahmen von drei Patienten wiesen bei der Nachuntersuchung noch klare Grenzlinien auf. Bei einem Patienten wurde bereits vor unserer Nachuntersuchung tomographisch eine Pseudarthrose mit Bruch eines Längsträgers diagnostiziert. Dennoch waren dieser sowie ein weiterer Patient klinisch unauffällig und in der Lage, Fußball in der Seniorenliga zu spielen. Lediglich der dritte Patient war unzufrieden, zeigte mit 45 Punkten einen niedrigen Score-Wert und bot auch klinisch ein nicht zufriedenstellendes Bild.

Haben nun Spansinterungen oder mangelnde Verschmelzungen offensichtliche Folgen? Sind ossäre Klammer- und Spangengebilde Beweise für eine (Rest-) Instabilität? Wir schauten nach biologischen Antworten in Form ventraler Syndesmophyten. Bei 16 Patienten war eine deutliche Reaktion radiologisch nachweisbar. Aber nur die Hälfte dieser Fälle korrelierte mit einem scheinbar

mangelnden knöchernen Durchbau des Fusionsmaterials. Klinisch waren diese Patienten symptomfrei. Die andere Hälfte wies keine Auffälligkeiten im Spanbereich auf.

Die Ergebnisse der Rumpfbeweglichkeit bei der körperlichen Untersuchung reflektieren den allgemeinen Charakter einer lumbalen Fusionsoperation. Aufgrund der aufgehobenen Beweglichkeit im verblockten Element imponieren ein verringerter Finger-Boden-Abstand und verringertes Schober-Maß um so mehr, als die übrigen, angrenzenden Bewegungselemente diese nicht zu kompensieren vermögen. Jüngere Patienten sind hier postoperativ natürlich im Vorteil. Die einzelnen Bewegungsmaße haben nur insoweit Aussagekraft, als daß die verbleibende Beweglichkeit bei fast allen Patienten sehr gut oder gut geblieben ist. Die Untersuchungsergebnisse korrelieren mit der allgemeinen Zufriedenheit der Patienten (s.u.).

Die niedrige Fallzahl im Gesamtkollektiv sowie die ungleichmäßige Verteilung der Patienten auf die Ausprägungen der Olisthesis machen es unmöglich, auch aus objektivierbaren Befunden, statistisch relevante Ergebnisse zu gewinnen. Anstelle einer statistischen Auswertung soll daher eine kasuistische Betrachtung stehen. Die objektive Einschätzung des OP-Ergebnisses nach 2- bis 3jähriger Nachbeobachtungszeit und die Beurteilung des persönlichen Gewinnes im sozialen Umfeld und auf der Ebene der körperlichen und freizeitaktiven Möglichkeiten der Patienten sollen hervorgehoben werden.

Bei der Betrachtung der postoperativen beruflichen Situation der Patienten ist festzustellen, daß ca. 80% einer Berufstätigkeit nachgehen (präoperativ 47%). Überprüft man die Patienten mit Invalidität, so ergeben sich im prä-postoperativen Vergleich nur geringe Veränderungen. Es resultieren drei arbeitslose und fünf berentete Patienten, die sich ohnehin zum OP-Zeitpunkt in einem rentenberechtigten Alter befanden. Drei arbeitslose Patienten zeigten subjektiv und klinisch schlechte Ergebnisse (Score-Werte von 40, 45, 75 Punkten).

Alle anderen Patienten waren postoperativ wieder in der Lage, vollzeitig zu arbeiten, die jüngeren zumeist wieder im alten Beruf. Erfreulich ist auch, daß von den sechs Schülern und Studenten zum Zeitpunkt der Operation alle einen normalen Beruf erlernt haben bzw. ausüben.

Bekannterweise steht das postoperative Ergebnis nach lumbalen Spondylodesen in direktem Zusammenhang mit der sozialen Situation der Patienten (Petersen, 171). Auch wir fanden eine gewisse Übereinstimmung zwischen Unzufriedenheit über das OP-Ergebnis und Arbeitslosigkeit oder Berentung.

Zur Beurteilung der postoperativen Rehabilitation kann man das Sport- und Freizeitverhalten der Patienten als noch idealeren Parameter in der Bemessung des OP-Erfolges werten. Denn nur wer in seiner Freizeit aktiv ist, wird wohl wirklich beschwerdearm sein. Da kann man bei einem

durchschnittlichen Untersuchungsalter von etwa 40 Jahren in unserer Studie mit einem zur Hälfte weiterhin sportlich aktiven Patientengut postoperativ durchaus zufrieden sein.

Weitere Indizien für den Erfolg einer Spondylodese lassen sich finden, wenn man die postoperative Schmerzmedikation der Patienten untersucht. Nur vier der sechs unzufriedenen Patienten bedurften einer regelmäßigen Schmerzmedikation. Zwölf weitere Patienten nahmen bei Bedarf Schmerzmittel ein.

Die zumeist intermittierende Medikamenteneinnahme spiegelt sich in den Ergebnissen der Schmerzskalen-Auswertung wider. Mißt man den Gesamterfolg der Operationen zum Beispiel nur an der Rate rücken- und beinbeschwerdefreier Patienten, so muß man feststellen, daß dieser als eher bescheiden einzustufen ist, da nur bei 28,1% der Patienten eine Rückenschmerz- und bei 36,7% eine Beinschmerzfreiheit eintrat. Meiner Meinung nach darf man nicht nur Extreme bewerten, sondern sollte auch die Reduzierung in den einzelnen Schmerz- und Beschwerdequalitäten beachten. Diese werden in den Graphiken deutlich veranschaulicht: Über alle Beschwerdebereiche gelang es bei 57-69% der Patienten, eine Schmerzreduktion von mindestens zwei SE zu erreichen. Wenn ein Patient vor der Operation trotz hinlänglicher, intensiver Vorbehandlung sehr schmerzgeplagt und körperlich eingeschränkt war, so wird er minimale oder intermittierende Restbeschwerden postoperativ gern in Kauf nehmen und den Eingriff selbst als Erfolg für sich werten.

Deutlicher werden die subjektiven Erfolgsraten, wenn man die Score-Auswertung heranzieht. Allgemein werden in der Wirbelsäulenchirurgie nur vereinzelt Score-Bewertungssysteme angewandt. Daher gestaltete sich auch die Auswahl eines geeigneten Scores zur Bewertung von Spondylothesen bei Spondylolisthesen recht schwierig. Zu diesem speziellen Thema existieren nur sechs Score-Veröffentlichungen, von denen sich aber keine in der klinischen Anwendung breit durchsetzen konnte (58, 71, 80, 104, 207, 218). Lediglich der Score der Japanese Orthopedic Association (221) fand in der anglo-amerikanischen Literatur spärliche Verbreitung. Häufig sind die abgefragten Parameter zu oberflächlich und verallgemeinernd gehalten, so daß eine adäquate Einstufung nicht möglich erscheint. Eine Ausnahme bildet der von uns gewählte und von Hambly et al. (71) vorgestellte Score. Da wir den Schwerpunkt unserer Gesamtauswertung eher auf den subjektiven Bereich konzentrierten, schien dieser Score sehr hilfreich. Er berücksichtigt nämlich nur die drei Qualitäten (pain intensity, medications und activities) in detaillierten Abstufungen, die wir auch auf den Fragebogen und im Gespräch mit dem Patienten genauer untersuchten. Im direkten prä-postoperativen Vergleich ließen sich auf diese Weise schnell relativ eindeutige Aussagen zur OP-Zufriedenheit der Patienten treffen. 26 Patienten (76,5%) lagen mit einem Score-Wert bis 20 Punkte im Bewertungsbereich "sehr gut" und "gut"! Anzumerken ist, daß die postoperativ relativ hohen Score-Werte (zwischen 40-75 Punkte) der sechs mäßig zufriedenen bis sehr unzufriedenen Patienten den Durchschnitt der Ergebnisse doch erheblich beeinträchtigten. Meines Erachtens ist die Umverteilung auf die Score-Resultate (exzellent - gut - mäßig - schlecht) im prä-postoperativem Vergleich aller Patienten wesentlich eindrucksvoller. Hier kam es zu einer deutlichen Abnahme der Score-Werte (s.S. 86-87).

Diese Ergebnisse passen zu den Werten der direkten Befragung nach dem Urteil und zur Weiterempfehlung der Operation. Jeweils 26 Patienten gaben eine gute oder sehr gute OP-Zufriedenheit an und würden dieselbe Behandlung auch Bekannten und Verwandten weiterempfehlen. Nur acht Patienten waren insgesamt nicht zufrieden, von denen nur drei (8,8%) schlecht über das Ergebnis urteilten und vier Patienten erachteten die Operationsmethode als nicht zu empfehlen. Trotz zum Teil bestehender, intermittierender Schmerzen und vereinzelter Schmerzmedikation sprechen die Zahlen für sich und belegen den Erfolg des operativen Vorgehens.

Bei der weiteren Aufschlüsselung der Ergebnisse fällt auf, daß Patienten mit höhergradigen Spondylolisthesen (III°, IV°) durchschnittlich einen höheren Benefit aus der Operation zogen im Vergleich zu Patienten mit Gleitgraden I und II.

Ein weiterer kritisch zu betrachtender Faktor ist das Alter der Patienten zum Zeitpunkt der Operation. Ein Blick auf die nach Dezenien sortierten fünf Patientengruppen, die sich annähernd gleichmäßig verteilen, zeigt einen deutlich geringeren Operationserfolg bei den 40-60jährigen Patienten. Es ist offensichtlich, daß ältere Patienten durch die Operation weniger profitieren, was sich durch eine längere Anamnesedauer, geringere Kompensationsfähigkeit und vorbestehende degenerative Veränderungen erklären läßt.

Erstes Fazit: Je älter der Patient und je geringer das Ausmaß der Spondylolisthese ist, umso kritischer sollte die Indikation zur interkorporellen dorsoventralen Spondylodese gestellt werden.

Betrachtet man die Gruppe aller Patienten mit längeren Zeitspannen präoperativer Arbeitsunfähigkeit oder Arbeitslosigkeit (> 3 Monate), welche oft mit allgemein längeren Anamnesedauern korrelieren, so ist festzustellen, daß auch bei diesen Patienten gute Ergebnisse erzielt werden können. In unserer Untersuchung erreichten 68,2% der betroffenen "Langzeit-Arbeitslose" gute subjektive und klinische Ergebnisse mit Score-Werten unter 20 Punkten. Häufige Argumente und Unterstellungen, daß sozial bereits beeinträchtigte Patienten schlechtere Ergebnisse erzielten, können nicht bestätigt werden.

Ferner interessierte uns, ob vorangehende konservative Behandlungsmaßnahmen einen Einfluß auf das Operationsresultat haben. Unsere Beobachtungen lassen erkennen, daß durch Krankengymnastik vorbehandelte Patienten genau so gute subjektive und klinische Ergebnisse vorwiesen wie eine Behandlung mit balneophysikalischen Maßnahmen.

Aussagen über die Wertigkeit oder Überlegenheit des ein- oder zweizeitigen operativen Vorgehens zu treffen, fallen schwer. Nach dem Wechsel der Klinikleitung im Herbst 1989 wurde die zweizeitige OP-Strategie verlassen und bei gleicher Indikation der Eingriff fortan in einer Sitzung durchgeführt. Die der dorsoventralen Spondylodese zugrundeliegende OP-Technik und das Implantatmaterial wurden beibehalten. Kriterien für die Auswahl der Instrumentarien, die sich in Winkelstabilität und Rigidität unterscheiden, sind für den Untersucher nicht nachvollziehbar. Obwohl die Fallzahlen der Gruppen nicht gleich sind, bot es sich dennoch an, Unterschiede bezüglich Verlauf und Ergebnis

herauszuarbeiten. Die Differenz in der mittleren OP-Dauer - zweizeitig Operierte wurden im Schnitt eine Stunde länger operiert - kann nicht kommentiert werden. Es fällt auf, daß der Blutverlust der zweizeitig operierten, obwohl die OP-Zeit länger war, dennoch niedriger lag.

Die Ergebnisse der klinischen Untersuchung erbrachten keine Argumente im Hinblick auf die Überlegenheit der ein- oder zweizeitigen OP-Technik. Erwartungsgemäß kam es auch nicht zu signifikanten Veränderungen in der postoperativen Mobilität.

Auch die radiologischen Parameter der ein- oder zweizeitig Operierten differieren nicht. Bei allen außer zwei Patienten (je einer aus jeder Gruppe) konnte eine (Teil-) Reposition erreicht und über den Beobachtungszeitraum hinweg beibehalten werden. Veränderungen des Gleitwinkels und der Lendenlordose ergaben sich nur in geringem Ausmaß.

Mehrzeitige OP-Verfahren werden heute nur noch zur schonenden Distraction und Reposition bei hochgradigen Spondylolisthesen und Spondyloptosen empfohlen (87, 145).

Der zweite Teil unserer Auswertungen, in dem die subjektiven Kriterien zur OP- Zufriedenheit analysiert wurden, erbrachte keine Überraschungen hinsichtlich der Überlegenheit einer OP-Methode. Im postoperativen Sport- und Freizeitverhalten zeigen sich in beiden Gruppen keine Unterschiede. Die Tatsache, daß sich bei den zweizeitig Operierten in größerem Umfang berufliche Veränderungen ergaben, ist mit dem höheren Anteil älterer Patienten zu erklären.

Von den acht Patienten, die postoperativ berentet waren bzw. arbeitslos wurden, waren bereits fünf zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung ohnehin in einem für die Vermittlung auf dem Arbeitsmarkt problematischen Alter zwischen 56 und 61 Jahren. Diese Patienten fallen aus der Beurteilung der beruflichen Rehabilitation von vornherein heraus. Daß diese Patienten teilweise dennoch zu einem klinisch und subjektiv zufriedenstellenden Ergebnis gelangten, belegt das ausgewogene Verhältnis in den beiden OP-Gruppen bei den Freizeitaktivitäten sowie verbliebenen Beschwerden.

Auffallend ist die hohe Anzahl an Folge-Operationen in der Gruppe der zweizeitig Operierten. Bei der näheren Betrachtung der Indikation fallen nämlich fast alle elektiv durchgeführten Metallentfernungen in diesen Bereich. Es gehörte damals zum postoperativen Management der Klinik, die Fixateure wieder zu explantieren, wenn die Spondylodese als fest erachtet wurde. Im Rahmen dieses kleinen Kollektivs haben wir den Versuch gemacht, den therapeutischen Nutzen der Metallentfernung zu eruieren und diese Fälle, denen ohne Materialentfernung gegenüberzustellen. Es konnte festgestellt werden, daß das postoperative Ergebnis durch die Entfernung des Fixateur internes nicht beeinflusst wurde.

Die anderen Revisionseingriffe (Pat.-Nr. 4, 5, 10, 15, 27) sind als nicht spezifisch für die eine oder andere operative Vorgehensweise zu werten.



Gesondert zu betrachten sind die Respondylodesen (Pat.-Nr. 4, 22, 29). Diese Patienten wiesen präoperativ Dislokationen zwischen 30 bis 51° auf, die primär teilreponiert wurden. Nur in einem Fall (Pat.-Nr. 22) kam es radiologisch zu einer deutlichen postoperativen Spanresorption (kein Hinweis auf einen Infekt), die bei der Respondylodese als Pseudarthrose imponierte. Bei den Revisionsoperationen der Patienten Nr. 4 und 29 fand sich keine Pseudarthrose. Hier war die Klinik ausschlaggebend. Bei einem Patienten (Nr. 4) kam es wahrscheinlich bereits bei der postoperativen Umlagerung zu einer Dislokation des eingebrachten Spans. Dieses kann als Hinweis auf eine mangelhafte Verklebung des Keils im Intervertebralraum gewertet werden. Die dritte Revisionsoperation (Pat.-Nr. 29) wurde erforderlich, nachdem die einzeitig operierte Patientin 15 Monate postoperativ über ein zunehmendes, konservativ nicht zu beherrschendes, lumbales Schmerzsyndrom mit neurologischen Ausfallserscheinungen in der fusionierten Etage klagte. Intraoperativ konnten keine Zeichen einer radikulären Kompression oder einer Pseudarthrose festgestellt werden.

Zweites Fazit: Eindeutige Unterschiede hinsichtlich des operativen Ergebnisses zwischen ein- oder zweizeitig operierten Patienten bestehen nicht. Setzt man voraus, daß nicht eine hochgradige Spondylolisthese oder Spondyloptose vorliegen, ist meines Erachtens ein zweizeitiges Vorgehen nicht mehr zu vertreten. Ein insgesamt erhöhtes operatives Risiko (z. B. anästhesiologische Doppelbelastung) und ein doppelter Zeit-, Organisations- und Personalaufwand sprechen dagegen.

Im allgemeinen Literaturvergleich lassen sich unsere operativen Behandlungsergebnisse spondylolytischer Spondylolisthesen nach dorsoventraler Spondylodese durchaus vergleichen. So gelangen Metz-Stavenhagen et al. (145) bei 1300 Patienten eine Schmerzreduzierung oder -beseitigung in 94%; Stoltze et al. berichten über eine Besserung in 95% (213). Ähnlich der Veröffentlichung von Krismer und Bauer (115) beobachteten auch wir eine erfreulich kleine Zahl an eingriffsspezifischen Komplikationen und eine sehr geringe Rate an Pseudarthrosen. Dennoch darf nicht unerwähnt bleiben, daß interkorporelle dorsoventrale Spondylodesen Komplikationsrisiken bergen, wie Läsionen durch Bohrer und Implantate (z. B. laterale Pedickelausbrüche oder Schraubenlockerungen/ -brüche) und in der Literatur beschriebene Komplikationen, wie z.B. Cauda equina-Syndrom, Impotenz, Spinalarterienverletzung und die Verletzung viszeraler Organe.

Wir erreichten eine Fusionsrate von 97,1%. Schmitt und Schneider (195) beobachteten bei klassischen dorsoventralen Spondylodesen die geringste Pseudarthrosenrate im Vergleich zu anderen Operationsverfahren. Diese Ergebnisse werden von Hähnel und Mitarbeitern (69) bestätigt, die in einer vergleichenden Studie isolierte ventrale und kombinierte dorsoventrale Spondylodesen untersuchten. Die Pseudarthrosenrate der ventral operierten Patienten lag bei 25%, während die kombiniert operierten nur eine Quote von 9 % aufwiesen. Eine Erklärung dafür liegt sicherlich in der hohen postoperativen Primärstabilität der dorsoventralen Spondylodese im Gegensatz zu Restinstabilitäten bei rein ventraler Fusion.

Die mitgeteilte hohe Rate an neurologischen Komplikationen bei dorsoventralen, interkorporellen Eingriffen – z. B. lumbale Läsionen des Sympathikus bzw. Parasympathikus oder Cauda equina-Verletzungen und Schädigungen des Plexus lumbosacralis während der Präparation des Bandscheibenfaches von dorsal und ventral (11, 22, 23, 36, 132, 142, 210) - und Repositionen (21, 24, 204) können wir in unserem Krankengut nicht bestätigen. Es kam lediglich bei einem Patienten (2,9 %) zu einer L5-Nervenwurzel-Symptomatik. Auch Noack und Raetzl (164) berichten in einer Nachuntersuchung von einzeitigen, dorsoventralen Distraktions-Repositions-Spondylodesen niedrig- und mittelgradiger Spondylolisthesen über gute Ergebnisse ohne wesentliche neurologische Komplikationen. Anzumerken ist, daß geringgradige Olisthesen mit nur kleinen Gleitwinkeln auch ein geringeres neurologisches Risikopotential aufweisen.

Ein entscheidender Vorteil der OP-Methode liegt sicherlich im ausschließlich unisegmentalen instrumentierten Vorgehen mit Distraktion und Reposition sowie der sicheren, primär stabilen Einbringung eines ventralen Knochenblockes.

Da die meisten Dislokationsgrade unserer Patienten den Meyerding-Gruppen I und II zuzuordnen sind, lassen sich unsere Ergebnisse mit denen anderer Autoren vergleichen.

Die bilaterale, monosegmentale in situ-Arthrodese wird als OP-Methode der Wahl bei geringeren Spondylolisthesen favorisiert (81, 82, 87, 108, 169, 202, 214, 227), da ohne großes Risiko hohe Fusionsraten zwischen 80 bis 100% zu erzielen sind. Lenke et al. (128) konnten in ihrer Studie hingegen überraschend geringe Fusionsraten nach alleiniger posterolateraler, nicht instrumentierter in situ-Spondylodese aufzeigen. Nur 50% ihrer Patienten zeigten eine sichere Fusion. 29% wurden als wahrscheinlich, aber nicht sicher stabil erachtet, und 21% der Fälle waren sicher instabil. Ausschlaggebender scheint mir jedoch zu sein, daß 84% dieser Patienten eine deutliche Beschwerdelinderung erfuhren. Dies verdeutlicht, daß sich klinische Erfolge trotz radiologischen Fusionsversagens einstellen können. Generell ist es nur in Ausnahmefällen möglich, den ossären Durchbau einer Spondylodese sicher zu beurteilen. Szintigraphie, CT und MRT erlauben zum Teil verlässliche Aussagen, weisen aber immer noch hohe Artefaktraten auf und sind für eine routinemäßige Kontrolle aufwendig.

Auf die fehlende Korrelation zwischen Pseudarthrose und schlechtem klinischen Ergebnis haben bereits Merle d'Aubigne und Gerard 1959 sowie Zimmermann 1969 hingewiesen (144, 246).

Dies belegt eindrucksvoll, daß psychische und psychosomatische Faktoren postoperative Beschwerden und Operationsergebnisse beeinflussen (129).

Alleinige ventrale, interkorporelle Spondylodesen zeigen etwas höhere Pseudarthroseraten. Dennoch erzielten Cheng et al. und Matzen und Köppl (33, 138) klinisch gute Ergebnisse bei Patientengruppen, die unseren sehr ähnlich sind. Andere Autoren hingegen lehnen die ventrale Fusion ab. Die Pathologika der dorsalen Strukturen, wie zum Beispiel die Lysezonen und die kleinen Wirbelgelenke,

bleiben unbehandelt, was durch die dort wirksamen Scherkräfte eine fortbestehende Instabilität zur Folge hat. Diese begünstigt das Auftreten einer Pseudarthrose (145, 249).

Dorsale Repositionsverfahren, wie sie in der Literatur häufig zu finden sind, haben bei langstreckigen, temporären Spondylodesen den Nachteil, die gesunden Bewegungselemente mit einzubeziehen und sogar kyphosierende Auswirkungen auf die LWS bis hin zum flat back-Syndrom (113) zu haben, wie es zum Beispiel bei der Reposition mit Harrington- oder Knodtstäben beschrieben wird (117, 74). Auch das Repositions- und Fixationsinstrumentarium nach Schöllner (197) hat in diesem Zusammenhang nur wenig Verbreitung gefunden, da es die Freilegung des Spinalkanals erfordert und neben der Resektion der Grund- und Deckplatten keine Distraktionseigenschaften besitzt. Zum einen ist das Risiko neurologischer Komplikationen operationstechnisch erhöht (4) und zum anderen besteht die Gefahr der Einengung der Foramina intervertebralia des betroffenen Segments.

Systeme zur direkten Osteosynthese der Spondylolyse in der Interartikularportion mittels Schrauben, Haken oder Drahtcerclagen (28, 155, 160) bieten gute Erfolgsaussichten bei Spondylolysen und geringgradigen Spondylolisthesen (2, 98, 225) und sind bei Kindern und Adoleszenten indiziert, die noch keine degenerativen Veränderungen aufweisen. Die Indikationsbreite ist klein und in unserem Kollektiv fanden sich keine Patienten zur Anwendung dieser Technik.

Abschließend kann festgestellt werden, daß die überwiegende Mehrheit der Patienten von der Operation profitiert. 28 zufriedene Patienten (82,4 %) stehen sechs unzufriedenen (17,6 %) gegenüber. Gemessen am Score-Wert erreichen 24 Patienten (76,4%) ein exzellentes oder gutes Ergebnis, zwei Patienten (5,8%) ein zufriedenstellendes und sechs Patienten (17,6 %) ein schlechtes Ergebnis. In 82,4 % der Fälle (28 Pat.) konnte eine Schmerzreduktion oder -freiheit erreicht werden, bei vier Patienten (11,8 %) trat keine Besserung ein, und zwei Patienten (5,8 %) berichten über eine Verschlimmerung der Beschwerden.

Zusammenfassend möchte ich feststellen, daß die einzeitige, kombinierte ventrale interkorporelle und dorsal instrumentierte Spondylodese bei spondylolytischen Spondylolisthesen ein erfolgreiches Operationsverfahren darstellt. Bei kritischer Würdigung aller einschränkenden Faktoren wie Operationsalter, Anamnesedauer und degenerativen Veränderungen hat die Operationsmethode bei höhergradigen Dislokationen (mind. Meyerding II, d.h. 50 % Ventralvorschub) ihre Berechtigung. Geringgradige Spondylolisthesen können in situ fusioniert werden, da hier zumeist keine segmentale Kyphosierung auftritt, die ausgeglichen werden muß. In Fällen, bei denen eine Reposition indiziert ist, wird die dorsoventrale Operationstechnik gute Ergebnisse liefern.

Die Resultate lumbaler Spondylodesen lassen sich optimieren, wenn moderne Techniken zur Anwendung kommen und an die Stelle weniger erfolgversprechender Verfahren treten. Welche Alternativen heute zur Verfügung stehen und anwendbar sind, z.B. "direct repair"-Techniken, muß im Einzelfall entschieden werden.

## Zusammenfassung

Die Diagnose einer Spondylolisthese wird heute in einem nicht zu unterschätzenden Ausmaß gestellt. Sei es ein Zufallsbefund im Rahmen anderer Untersuchungen oder sei es, weil der Patient mit definitiven Rückenschmerzen den Arzt aufsucht. Ein charakteristisches oder pathognomonisches Beschwerdebild ist nicht nachweisbar, sodaß eine ins Detail gehende, gezielte Anamneseerhebung und Befragung sowie exakte körperliche Untersuchung des Patienten erforderlich ist, um ein Höchstmaß an Sicherheit bei der Diagnosestellung zu erreichen. Die radiologische Diagnostik (Röntgen, CT, MRT) nimmt hierbei sicherlich einen hohen Stellenwert ein.

Liegt ein Wirbelgleiten vor, so ist es wichtig, dieses in Form und Pathogenese zu klassifizieren, um eine Prognose im Hinblick auf den weiteren Verlauf abgeben zu können und geeignete Behandlungsmaßnahmen einzuleiten. Von besonderer Bedeutung ist das Alter der Patienten sowie das Ausmaß der Ventrolisthese und der segmentalen Kyphosierung.

Die Therapie der spondylytischen Spondylolisthese ist in der überwiegenden Zahl der Fälle auf konservative Behandlungsmethoden ausgerichtet; dieses sei an dieser Stelle nochmals hervorgehoben! Erst unerträgliche, nach ausgiebiger konservativer Vorbehandlung nicht mehr zu beeinflussende Schmerzen, neurologische Komplikationen und progrediente Olisthesen bei Heranwachsenden bzw. Haltungs- und Gangstörungen begründen die Indikation zur Operation. Als vorrangiges Behandlungsziel der Operation ist die Schmerzeseitigung zu nennen. Der Weg dorthin führt über die Stabilisierung und sichere Fusion des betroffenen Wirbelsäulenabschnitts, gegebenenfalls mit Dekompression neuraler Strukturen. Ein Seitenweg kann - je nach individuellem Befund - die (Teil-) Reposition des abgeglittenen Wirbels darstellen, um das Profil und die Statik der Wirbelsäule wieder herzustellen.

In einem Patientenkollektiv von 34 Patienten mit eindeutiger Indikation zur lumbalen Spondylodese bei spondylytischer Spondylolisthese wurde das prä- und postoperative klinische und subjektive Bild bewertet. Einen Vergleich zwischen einem ein- und zweizeitigem Vorgehen bei der kombinierten dorsoventralen Stabilisierung mit und ohne Reposition schlossen wir ein.

Die Berechtigung einer dorsoventralen Vorgehensweise auch bei geringen Gleitgraden ließ sich anhand der überwiegend guten Operations- und Fusionsergebnisse unserer Nachuntersuchungsstudie bestätigen. Es zeigt sich jedoch, daß es weniger auf die Reposition und Wiederherstellung des Alignements der lumbalen Wirbelsäule ankommt, als viel mehr auf die sichere Stabilisierung des betroffenen Segments. Die Schmerzreduzierung steht für das Alltags- und Berufsleben der Patienten im Vordergrund. Funktionelle und kosmetische Ergebnisse sind demgegenüber nachrangig.

Zum Erreichen des Operationsziels stehen zahlreiche Methoden zur Verfügung. Die Vor- und Nachteile eines zweizeitigen operativen Vorgehens sind nicht eindeutig faßbar. Eine zweizeitige

Operation weist keine gewinnbringenden Vorteile auf. Somit erscheint es für den Patienten angenehmer, sicherer und für die Klinik nicht zuletzt auch ökonomischer zu sein, die Spondylodese einzeitig durchzuführen.

Aus der Vielfalt der zur Verfügung stehenden Operationsmethoden stellt die dorsoventrale, interkorporelle Spondylodese ein besonders erfolgreiches Verfahren dar. Hinsichtlich des Alters der Patienten und des Grades der Spondylolisthese sollte die Indikation zur Operation kritisch gestellt werden. Ob auch bei geringgradigeren Dislokationen eine Reposition angestrebt werden sollte bleibt Gegenstand weiterer Diskussion und Forschung.

## **Falldarstellungen**

Anhand von vier ausgewählten Fällen sollen exemplarisch vier individuelle Verläufe dargestellt werden.

Der erste Patient verdeutlicht einen beispielhaften, erfolgreichen Verlauf nach einseitiger dorsoventraler Spondylodese mit stabiler Fusion und Teilreposition.

Der zweite Fall demonstriert einen der beiden Krankheitsverläufe, bei dem es postoperativ zu einer Progredienz der Olisthese gekommen ist. Sechs Monate postoperativ kam es nach einem Sturz auf Eis zum Implantatbruch (Bruch der beiden kaudalen Pedickelschrauben). Trotz Zunahme der Dislokation auf 100% ist die Patientin beschwerdefrei.

Anhand des dritten Patienten soll auch ein schlechtes Ergebnis vorgestellt werden. Trotz radiologisch solide erscheinender Fusion ist der Patient unzufrieden und weiterhin schmerzgeplagt.

Die vierte Falldarstellung illustriert den Verlauf eines Patienten, der einseitig operiert wurde und bei dem es zu einer deutlichen Spansinterung gekommen ist. Insgesamt wurde dennoch ein zufriedenstellendes Ergebnis erreicht.

## **Fallbeispiel I**

Anamnese: 18-jähriger Gymnasiast (165cm, 69kg) mit intermittierenden lumbalen Rückenschmerzen, seit 9 Monaten progredient, Patient fühlte sich wenig beeinträchtigt, Score präoperativ 10 Punkte, keine Schmerzmedikation, seit 7 Jahren intensiver Fechtsport

Präoperativer Befund: vermehrte Ventralneigung des Beckens, Sprungschancenphänomen LWK5/SWK1, freie Rumpfbeugung: Finger-Boden-Abstand (FBA) 0 cm, Schober-Maß 10/14 cm, keine neurologischen Ausfälle

Vorbehandlung: Sportkarenz, Krankengymnastik

Röntgenbefund präoperativ: spondylytische Spondylolisthese LWK5/SWK1 mit einer Ventraldislokation von 62,5 % (Meyerding III), deutliche Abrundung der Oberfläche von SWK 1 (45 %) und Keilform von LWK 5 (Index: 69,4 %) bei auffälliger Sakralinklination von 42°, Bandscheibenverschmälerung L5/S1, Gleitwinkel 90°, Lendenlordose 72° (s. Abb. 41 a u. b)



a)



b)

Abb. 41 a u. b: präoperativer Röntgenbefund: Spondylolisthese Meyerding III

Operation: Die Indikation zur einseitigen, dorsoventralen Spondylodese L5/S1 wurde bei ungünstiger Prognose und nur gering ausgeprägter klinischer Symptomatik gestellt, Eingriff erfolgte komplikationslos im Juli 1991, Teilreposition mittels Harringtonstäben (um ca. 40%) und Fixation mit einem DKS-Instrumentarium, interkorporelle Verblockung mit einem trikortikalen Beckenkammspan, OP-Dauer: 350 min, Blutverlust: 2500 ml (Patient spendete zuvor Eigenblut)

Verlauf: 11 Tage Bettruhe, gefolgt von 12 Wochen Gipskorsett, dann 2/3-Lindemann-Mieder für 12 Wochen, postoperativ inkomplette L5- und S1- Nervenwurzelssymptomatik rechts, unter symptomatischer, physikalischer und krankengymnastischer Behandlung Rückbildung der Beschwerden bis Februar 1992 bis auf eine diskrete Großzehenheberschwäche

Nachuntersuchung: Follow-up 28 Monate, Alter bei der Kontrolle 20 J., Biologie-Student, Patient ist subjektiv sehr zufrieden, Score 0 Punkte, äußert sich insgesamt zufrieden mit dem Operationsresultat, im Alltagsleben keine Einschränkungen, Aufgabe des Wettkampf-Fechtsports, keine



Schmerzmedikation, keine Krankengymnastik oder physikalische Therapie mehr, Mieder wird noch sporadisch getragen

Befund: FBA 15 cm, Schober-Maß 10/12,5 cm, Lasègue negativ, Seitneigung sowie Rotation nach beiden Seiten 45°, PSR/ASR bds. ++, dezente Großzehenheber/ Fußheberschwäche re im Seitenvergleich, Sensibilität intakt

Röntgen: Regelrechter Span- und Implantatsitz, erhaltene Teilreposition um ca. 40 % auf 24 %, Gleitwinkelabnahme von 90° auf 83°, Abnahme der Lendenlordose von 72° auf 52°, Durchbauung der Fusionsstrecke (Grund- und Deckplatte nicht mehr sicher zu differenzieren), keine wesentliche Spansinterung (s. Abb. 41 c u. d)



c)



d)

Abb. 41 c u. d: postoperative Röntgenkontrolle 28 Monate nach dorsoventraler Spondylodese

## Fallbeispiel II

Anamnese: 18-jährige Patientin (172cm, 79kg), Schülerin, seit 1 Jahr (angeblich nach schwerem Verhebetauma !) lumboschialgieforme Beschwerden, in das linke Bein ausstrahlend, im Tagesverlauf progredient, mit mäßiger Beeinträchtigung im Alltag, besonders nach/bei längerem Sitzen und Laufen, keine Schmerzmedikation, präoperativer Score: 25 Punkte, sportlich nicht aktiv

Präoperativer Befund: PSR bds. ++, ASR li < re, FBA 10cm, Schober-Maß 10/12cm, Lasègue links bei 40° positiv, neurologisch: L5-Nervenwurzelsymptomatik links, Hyperlordose

Vorbehandlung: Krankengymnastik über 10 Monate, umfangreiche balneo-physikalische Behandlungsmaßnahmen

Röntgenbefund präoperativ: spondylolytische Spondylolisthese L5/S1 mit einer Ventraldislokation von 88,2 % (Meyering IV), Abrundung der Oberfläche von S 1 (53 %) und mäßige Keilform von L 5 (Index: 48,6 %) bei einer Sakralinklination von 30°, Bandscheibenverschmälerung L5/S1, Gleitwinkel 131°, Lendenlordose 72° (s. Abb. 42 a u. b)



a)



b)

Abb. 42 a u. b: präoperativer Röntgenbefund: Spondylolisthese Meyerding IV

Operation: Die Indikation zur zweizeitigen dorsoventralen Spondylodese der Etage L5/S1 wurde bei ungünstiger Prognose gestellt. Komplikationslose Eingriffe im Juli 1988 (dorsale Dekompression, Teilreposition um wenige Grade, dorsale Instrumentierung) und August 1988 (ventrale Verblockung). Teilreposition mittels Harringtonstäben und Fixation mit einem Aesculap-Fixateur interne, ventrale interkorporelle Verblockung mit einem trikortikalen Beckenkammspan, OP-Dauer insgesamt 390 min, Blutverlust 2800 ml

Verlauf: 21 Tage Bettruhe, gefolgt von 12 Wochen Gipskorsett, dann Hohmann-Mieder für 12 Wochen. Eine postoperative, oberflächliche Wundinfektion der Bauchnarbe heilte nach einer Sekundärnaht. Im Januar 1989 Sturz der Patientin: Materialbruch (ggf. Materialermüdung?) der Pedickelschrauben in S1: leichte Schmerzen im dorsalen Oberschenkel beiderseits ohne neurologische Ausfälle, Metallentfernung im März 1989 mit anschließender Ruhigstellung durch ein Hohmann-Korsett und krankengymnastische Behandlung über vier Monate (s. Abb. 42 c u. d)



c)



d)

Abb. 42 c u. d: Bruch der Pedickelschraube in S 1 6 Monate postoperativ

Nachuntersuchung: Follow-up 68 Monate, Alter bei der Kontrolle 24 J., Beruf: Bauzeichnerin (Vollzeit), Sport: eigenständige Rückengymnastik, Schwimmen, Radfahren. Im Alltagsleben keine Einschränkungen, leichte "Verspannungen" unterer LWS-Abschnitt nach längerem Sitzen, subjektiv sehr zufrieden, Score 0 Punkte: mit dem Operationsergebnis sehr zufrieden, keine Schmerzmedikation, keine therapeutischen Anwendungen

Befund: FBA 5cm, Schober-Maß 10/14cm, Seitneigung bds. 45°, Rotation bds. 35°, Zehenspitzen- und Fersengang problemlos, keine neurologischen Ausfälle, PSR bds. schwach auslösbar, ASR bds. normal, Motorik/Sensibilität regelrecht

Röntgen: Zunahme der Olisthese auf 100 % zur Spondyloptose, Zunahme der Kyphosierung des Gleitwirbels, Zunahme der Lendenlordose von 72° auf 74°, ausgeprägte ventrale Spangenbildung zwischen L 5 und S 1 bei inzwischen durchbaut erscheinender Fusion und gesintertem Knochenspan (s. Abb. 42 e u. f)



d)



f)

Abb. 42 d u. f. : postoperative Röntgenkontrolle 68 Monate nach dorsoventraler Spondylodese

### Fallbeispiel III

Anamnese: 49-jähriger Patient (174 cm, 88 kg), Beruf: Maurer und Maschinenarbeiter mit seit 10 Jahren zunehmenden lumboischialgieformen Beschwerden, Schmerzausstrahlung besonders in den rechten dorsalen Oberschenkel, 17 Monate Arbeitsunfähigkeit, keine sportlichen Aktivitäten, Einschränkungen bei Alltagsverrichtungen (z.B. Ankleiden, Bücken). Schmerzmedikation: Murfine-Tabletten 1-2/Tag, Score 70 Punkte

Präoperativer Befund: paravertebraler Muskelhartspann, Lasègue bei 40° bds. positiv, FBA 15 cm, Schober-Maß 10/14 cm, Kribbelparästhesien beider Beine unterschiedlicher Intensität - vor allem im Dermatom S1, deutlicher Klopf- und Druckschmerz über der gesamten LWS - besonders ausgeprägt bei L 5, Fußzehenheberschwäche rechts > links, ASR rechts abgeschwächt, PSR bds. schwach auslösbar, keine pathologischen Werte bei EMG und Nervenleitgeschwindigkeits-Untersuchungen

Vorbehandlung: Krankengymnastik, umfangreiche physikalische Maßnahmen, Hohmann'sches Überbrückungsmieder über 4 Jahre

Röntgenbefund präoperativ: spondylolytische Spondylolisthese L 5 / S 1 mit einer Ventraldislokation von 26,8 % (Meyerding I), leichte Abrundung der Oberfläche von S 1 (29 %) und Keilform von L 5 (Index: 75 %) bei einer Sakralinklination von 58°, mäßige Bandscheibenversmälnerung und Degeneration L 5 / S 1, Gleitwinkel 75°, Lendenlordose 43° (s. Abb. 43 a u. b)



a)



b)

Abb. 43 a u. b: präoperativer Röntgenbefund: Spondylolisthese Meyerding I

Operation: Im Juni 1991 komplikationslose Spondylodese L 5 / S 1: Teilreposition um 15 %, dorsale Instrumentierung mit dem DKS-Instrumentarium und ventrale Verblockung mit einem autologen, trikortikalen Beckenkammspan, OP-Dauer 355 min, Blutverlust 900 ml

Verlauf: 12 Tage Bettruhe, gefolgt von 12 Wochen Rumpfgips und anschließend Hohmann-Korsett für sechs Monate, zusätzlich Krankengymnastik und Elektrotherapie.

Nur in den ersten Wochen postoperativ war der Patient beschwerdearm. Schon bald stellten sich beiderseits wieder lumboischialgieförme Schmerzen ein. Anfang 1992 stellte der Patient einen Rentenanspruch, der bis zum Nachuntersuchungstermin (Jan. 1994) noch nicht entschieden wurde. Sportlich war der Patient nicht aktiv

Nachuntersuchung: Follow-up 31 Monate, Alter bei der Kontrolle 51 J., arbeitsunfähig, Rentenantrag gestellt, eigenständige Rückengymnastik, im Alltagsleben eingeschränkt, subjektiv unzufrieden, Score 75 Punkte, äußert sich unzufrieden mit dem Operationsergebnis, Schmerzmedikation: Murfine-Tabletten 1/d, Behandlungsmaßnahmen: Krankengymnastik, Massagen, Korsett, Elektrotherapie, Balneotherapie, Kuren

Befund: Schmerzgeplagter Patient in Rumpffehlhaltung, unkooperativ, fordernd und aggravierend bei der Untersuchung, Verdacht auf Rentenbegehren, pseudoradikuläre Schmerzen rechts > links, Einschränkung der Gehstrecke nach eigenen Angaben auf ca. 1000m, Fersenfallschmerz, kein Zehenspitzen- bzw. Fersengang möglich, FBA-Messung wurde abgelehnt, nur wenige Grade Rumpfbeugung werden ausgeführt, Schober-Maß 10/11cm, Seitneigung bds. 10°, Rotation bds. 5-10°, Neurologie: PSR und ASR bds. normal und seitengleich auslösbar, lateraler Oberschenkel rechts hypästhetisch, konkrete Angaben bei der Spitz-Stumpf-Diskriminierung, Lasègue bds. negativ, Motorik: Großzehen-/Fußheber bds. nur mit 2/5-Grad Kraftentfaltung, Neurophysiologisch keine Läsionen nachweisbar

Da es aus orthopädischer Sicht keinen plausiblen Grund für die angegebenen Beschwerden und Schmerzen gibt, es sich eher um eine somatoforme Schmerzstörung handelt, haben wir mit dem Patienten einen psychosomatischen und schmerztherapeutischen Behandlungsansatz besprochen, in den er einwilligte.

Röntgen: Regelrechter Span- und Implantatsitz, kein Korrekturverlust, geringe Gleitwinkelzunahme von 75° auf 78°, Abnahme der Lendenlordose von 43° auf 35°, vollständige Durchbauung der Fusionsstrecke (Grund- und Deckplatten nicht zu differenzieren), keine Spansinterung, ventrale Spangenbildung, skelettszintigraphisch Nachweis normaler Aktivität (s. Abb. 43 c u. d)



c)



d)

Abb. 43 c u. d: postoperative Röntgenkontrolle 31 Monate nach dorsoventraler Spondylodese



## Fallbeispiel IV

Anamnese: 41-jähriger Patient (178 cm, 80 kg), Beruf: Baufacharbeiter mit seit 20 Jahren zunehmenden, belastungsabhängigen Lumboischialgien, vor allem links betont im Dermatome L5, zuletzt 15 Monate Arbeitsunfähigkeit, sportliche Aktivitäten: ehemals Altherren-Fußball im Verein. Beeinträchtigung beim Tragen und Heben von Gegenständen, schmerzfreie Gehstrecke unter 50m(!). Schmerzmedikation: i.m.-Schmerzmedikation (z.B. Tramadol) nur im "Extremfall", Score 65 Punkte

Präoperativer Befund: Kribbelparästhesien entsprechend dem Dermatome L5 links, Lasègue bds. negativ, FBA 0 cm, Schober-Maß 10/14 cm, neurophysiologisch unauffälliger Untersuchungsbefund, ASR und PSR bds. lebhaft auslösbar

Vorbehandlung: Krankengymnastik, umfangreiche physikalische Maßnahmen, Tragen eines Böhler-Korsetts über einige Jahre brachte eine geringe Beschwerdelinderung

Röntgenbefund präoperativ: spondylolytische Spondylolisthese L 5 / S 1 mit einer Ventraldislokation von 39,5 % (Meyerding II), leichte Abrundung der Oberfläche von S 1 (16 %) und Keilform von L 5 (Index: 75 %) bei einer Sakralinklination von 53°, mäßige Bandscheibenversmälnerung und degenerative Veränderungen L 5 / S 1. Gleitwinkel 65°, Lendenlordose 34° (s. Abb. 44 a u. b)



a)



b)

Abb. 44 a u. b: präoperativer Röntgenbefund: Spondylolisthese Meyerding II

Operation: Im März 1992 komplikationslose Spondylodese L 5 / S 1: Teilreposition um 16 %, dorsale Instrumentierung mit dem DKS-Instrumentarium und ventrale Verblockung mit einem autologen, trikortikalen Beckenkammspan, OP-Dauer 375 min, Blutverlust 1000 ml

Verlauf: 12 Tage Bettruhe, gefolgt von 12 Wochen Rumpfgips und anschließend Hohmann-Korsett für sechs Monate, zusätzlich Krankengymnastik und Elektrotherapie.

Im Oktober 1992 konnte der Patient seine Arbeit zeitweise wieder aufnehmen, mit seinem Arbeitgeber einigte er sich auf eine vorzeitige Berentung, die zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung noch nicht entschieden worden war. Sportlich war der Patient wieder in der Lage, aktiv zu sein (Fußballtrainer)

Nachuntersuchung: Follow-up 19 Monate, Alter bei der Kontrolle 47 J., Beruf: zeitweise im alten Beruf tätig, Rentenantrag gestellt, eigenständige Rückengymnastik, Fußballtrainer, im Alltagsleben kaum beeinträchtigt. Gehstrecke uneingeschränkt, subjektiv sehr zufrieden, Score 20 Punkte, mit dem OP-Ergebnis zufrieden. Schmerzmedikation: gelegentlich nach stärkeren Belastungen Weitere Behandlung: Krankengymnastik, Fango, Korsett, Elektrotherapie, Kur

Befund: FBA 0cm, Schober-Maß 10/13cm, Seitneigung bds. 30°, Rotation bds. 25°, Zehenspitzen- und Fersengang durchführbar, ASR bds. schwach, PSR bds. normal, Motorik/Sensibilität regelrecht

Röntgen: Spansinterung bei regelrechter Implantatlage, kein Korrekturverlust, Gleitwinkelzunahme von 65° auf 73°, Zunahme der Lendenlordose von 34° auf 38°, keine sichere Durchbauung der Fusionsstrecke (Grund- und Deckplatten weiterhin abgrenzbar), keine ventrale Spangenbildung (s. Abb. 44 c u. d)



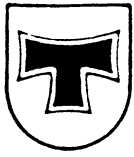
c)



d)

Abb.44 c: Röntgenkontrolle 10 Tage postoperativ u. d: 19 Monate nach dorsoventraler Spondylodese

## Anhang



# KLINIKUM DER JUSTUS-LIEBIG-UNIVERSITÄT GIESSEN

Medizinisches Zentrum für Orthopädie und Physikalische Medizin  
ORTHOPÄDISCHE KLINIK

Leiter: Prof. Dr. med. H. STÜRZ

**Orthopädische Klinik, Paul-Meimberg-Straße 3, 35385 Gießen**

Paul-Meimberg-Straße 3  
35385 Gießen  
Durchwahl (0641) 702-4262

Sehr geehrte(r)

Sie wurden in den vergangenen Jahren wegen einer schmerzhaften Wirbelsäulenerkrankung operiert.

Seit der Operation ist nun einige Zeit vergangen. Daher möchten wir Sie bitten, an der zur Zeit an unserer Klinik hierzu durchgeführten Nachuntersuchung teilzunehmen.

Für die Anfertigung aktueller Röntgenaufnahmen wäre dazu ein Überweisungsschein erforderlich.

Als Termin für Sie haben wir den                      um                      Uhr eingeplant.

Durch den festgelegten Termin entsteht keine längere Wartezeit. Sollten Sie weitere, frühere Röntgenaufnahmen besitzen, wären wir Ihnen dankbar, wenn Sie diese mitbrächten.

Sollten Sie den für Sie vorgesehenen Termin nicht wahrnehmen können, bieten wir Ihnen einen Ausweichtermin an. Bitte senden Sie uns den unteren Abschnitt dieses Schreibens umgehend ausgefüllt zurück.

Zur Zeitersparnis erhalten Sie als Anlage zu diesem Schreiben zwei Fragebögen I und II, die Sie bitte sorgfältig ausfüllen möchten und uns zu Ihrem Untersuchungstermin mitbringen.

Für Ihre Bemühungen danken wir Ihnen !

Mit freundlichen Grüßen

Dr. P. Manz

U. Gronemeier

**?**

---

( ) Ja, ich nehme wie geplant an der Untersuchung teil.

( ) Nein, leider bin ich verhindert. Bitte rufen Sie mich unter folgender Telefonnummer zur Vereinbarung eines neuen Termins an:

## Fragebogen I - Fragen zur Zeit vor Ihrer Operation

1. Name:

2. Geb.-Dat.:

3. Waren Sie vor der Operation sportlich aktiv? Wenn ja, welche Sportarten?

a.)

b.)

c.)

4. Ihr Beruf vor der Operation?

5. Bestand vor der Operation eine Arbeitsunfähigkeit? Dauer?

6. Waren Sie bei alltäglichen Verrichtungen beeinträchtigt, z. B. beim An- und Auskleiden, Tragen und Heben von Lasten? Wenn ja, bei welchen?

7. Welchen Grad hatte Ihre Behinderung? Bitte stufen Sie sich selbst mit einer Markierung auf der nachstehenden Skala ein:

voll aktiv ---            bis            --- bettlägerig  
|\_\_\_\_\_|

8. Zu welcher Tageszeit bestand die stärkste Beeinträchtigung? Bitte ankreuzen:

morgens     mittags     abends     nachts     immer

9. Haben Sie vor der Operation Schmerzmedikamente eingenommen?

Wenn ja: welche ? (Medikamentenname) :

wieviel ? (tägl./wöchentl.) :

über welche Zeitspanne ? :

10. Welche Behandlungen erhielten Sie bezüglich Ihrer Wirbelsäulen-Beschwerden bereits vor der Operation?

Krankengymnastik - Dauer?:

Massagen/Anzahl? :

physikalische Therapie (Elektrotherapie, Anwendungen etc.) ? :

Mieder/Korsett, Tragedauer? :

11. Wurden Sie schon zuvor an der Wirbelsäule operiert? Wenn ja, welche, wann, und in welcher Höhe?

12. Bestehen bis heute andere Vorerkrankungen gynäkologischer, urologischer, neurologischer oder anderer Art? Wurden Sie operiert? Hatten Sie einen Unfall ?

Wenn ja, was?

13. Liegen bei Ihnen Stoffwechselstörungen vor? Bitte kreuzen Sie an:

Zuckerkrankheit ( )

Cholesterin-/Blutfetterhöhung ( )

Harnsäure (Gicht) ( )

14. Sind Sie ( ) Raucher oder ( ) Nichtraucher ?

15. Sind in Ihrer Familie Wirbelsäulenleiden bekannt?

Wenn ja, welche?



## Fragebogen II - Fragen zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung

1. Welcher beruflichen Tätigkeit gehen Sie heute nach:

Erfolgte im Anschluß an die Wirbelsäulen-OP eine berufliche Veränderung?

Wenn ja, welche?

- Umschulung auf:
- Wechsel zu leichter Arbeit, was?:
- arbeitslos seit:
- Rentenantrag gestellt am:
- Rente ab:

2. Sind Sie heute noch / wieder sportlich aktiv? Wenn ja,

Sportart(en):                      wieviele Stunden pro Woche:

3. Bitte markieren Sie auf den unten abgebildeten Schmerzskaalen die Stärke Ihrer Schmerzen *vor* der Operation und *heute* ! Ankreuzen der äußersten linken Skalenseite bedeutet keine Schmerzen, d.h. Schmerzfreiheit. Das äußerst rechte Ende der Schmerzsкала bedeutet den stärksten Schmerz, den Sie sich vorstellen können. Bitte stufen Sie sich selbst ein! Wie hat sich Ihr Befinden durch die Operation bis heute verändert?

Rückenschmerzen

Beinschmerzen

vor der OP: |\_\_\_\_\_|                      |\_\_\_\_\_|

heute: |\_\_\_\_\_|                      |\_\_\_\_\_|

andere Schmerzen  
wo:

Kribbeln/Brennen der Beine

vor der OP: |\_\_\_\_\_|

|\_\_\_\_\_|

heute: |\_\_\_\_\_|

|\_\_\_\_\_|

Taubheitsgefühl der Beine

Schwächegefühl der Beine

vor der OP: |\_\_\_\_\_|

|\_\_\_\_\_|

heute: |\_\_\_\_\_|

|\_\_\_\_\_|

4. Wie weit können Sie gehen a) ohne Schmerzen? \_\_\_\_\_ Meter bzw. \_\_\_\_\_ min.

b) mit Schmerzen? \_\_\_\_\_ Meter bzw. \_\_\_\_\_ min.

5. Haben Sie Schwierigkeiten beim Wasserlassen oder Stuhlgang?

Wenn ja, welche?

6. Sind Sie bezüglich Ihres Rückenleidens noch weiterhin in Behandlung?

nein     ja:             Krankengymnastik             Massagen

Mieder/Korsett             physik. Therapie

weitere Operationen: was

7. Nehmen Sie weiterhin Schmerzmedikamente ein?

nein     ja: welche?

wieviele/wie oft?

8. Wie beurteilen Sie

\* die Beschaffenheit Ihrer Narbe?

\* Ihre heutige Körperhaltung?

\* das kosmetische Gesamtergebnis?

Bitte wählen Sie aus: sehr gut - gut - mäßig - schlecht

9. Würden Sie diese Operation Verwandten und Bekannten, die an der selben Krankheit leiden in derselben Form weiterempfehlen?

ja             nein         bedingt

## Akte

1. Name:

Geb.Dat.:

2. OP-Datum:

Untersuchungsdatum:

3. Anamnesedauer und -verlauf:

4. Art und Dauer der Vorbehandlung:

5. Spondylolisthese, Grad:

Etage:

6. Operation: OP-Verfahren:

Anzahl der fusionierten Wirbel:

welcher Knochenspan:

Implantat-Typ:

OP-Dauer:                    min.                    Blutverlust:                    ml

7. Komplikationen:

intraoperativ:

postoperativ:

später:

Blutung  
wo ?

Infektion

Implantatlockerung/  
Bruch

ZNS

Thrombose/

Sinterung

Frakturen

Embolien

Pseudarthrose

Duraverletzung

Beckenkammentnahme-Beschwerden:

andere:

8. perioperative Behandlung:

Dauer der Bettruhe:

Gipskorsett:

postoperative Ruhigstellung:  Mieder  Korsett

andere:

9. Nachbehandlung:

Art der Behandlung:  KG  Elektro-Th.  Beweg.bäder  Massagen

jeweilige Dauer:

Sonstiges:

## Klinische Nachuntersuchung

1. Name: Geb.Dat.: Untersuchungsdatum:

2. Ausgangsbefund:

3. Gehstrecke/ -dauer, Gehhilfen:

4. WS-Form: a) sagittales Profil ( ) normal ( ) rund ( ) hohlrund ( ) flach

b) frontales Profil: Beckenstand:

Taillendreiecke:

Seitenausbiegung:

5. Fersenfallschmerz:

6. Zehenspitzenang:

Fersengang rückw.:

7. FBA:

8. Schober-Maß:

Ott'sches Maß:

9. Seitneigung li:

re:

Rotation li:

re:

10. Berührungs-/ Klopf-/ Druckschmerz der WS in Bauchlage:

11. Muskelhartspann paravertebral:

12. Rückenlage:

Sensorik - dermatombezogen:

re:

li:

Reflexe:

PSR re:

PSR li:

ASR re:

ASR li:



Lasèque: bis 70° / gekreuzt?

Pseudolasèque:

13. Motorik (1/5 - 5/5):

Großzehenheber re:	li:	Fußheber re:	li:
Großzehensenker re:	li:	Fußsenker re:	li:
Hüftflexion re:	li:	Hüftexten. re:	li:

14. Bemerkungen:

## Abbildungsverzeichnis

Abb. 1 Möglichkeiten der Spondylolysen im Wirbelbogen der LWS.....	7
Abb. 2. Klassifikation der gemeinsam mit einer Spondylolyse auftretenden Spina bifida occulta.....	8
Abb. 3. Elongation in der Pars interarticularis.....	9
Abb. 4. "Wahre" und Pseudospondylolisthese.....	11
Abb. 5. Komplette Spondylolyse von LWK 4.....	13
Abb. 6. Mögliche Physiognomie einer Spondylolisthese.....	17
Abb. 7. Radiologische Zunahme der Dislokation bei Rotation.....	21
Abb. 8. Schrägaufnahme einer Spondylolyse („Terrierfigur“).....	21
Abb. 9. Meyerding-Grade I-IV.....	23
Abb. 10. Gleitstrecke nach Wiltse und Winter.....	23
Abb. 11. Gleitstrecke nach Taillard (modifiziert).....	24
Abb. 12. Gleitwinkels nach Boxall.....	25
Abb. 13. Gleitwinkels nach Dick.....	25
Abb. 14. Gleitwinkels nach Wiltse und Winter.....	26
Abb. 15. Gleitwinkels mit eigener Methode.....	27
Abb. 16. Lendenlordose nach Wiltse und Winter.....	28
Abb. 17. Inklination des Os sacrum nach Boxall.....	29
Abb. 18. Index des Gleitwirbels nach Boxall.....	30
Abb. 19. Form und Kontur der kranialen Sakralbasis nach Wiltse und Winter.....	31
Abb. 20. CT-Schnitte durch LWK 4 - Myelographie.....	33
Abb. 21. Hakenschraube nach Morscher.....	37
Abb. 22. Drahtcerclage nach Scott.....	38
Abb. 23. Prinzip der dorsolateralen Spondylodese.....	41
Abb. 24. Sakralplatte nach Schöllner.....	44
Abb. 25. Prinzip der ventralen Verblockung/Spondylodese.....	46
Abb. 26. Biomechanik der dorsoventralen Spondylodese.....	49
Abb. 27. Moderner Fixateur interne.....	51
Abb. 28. Fotografische Dokumentation der postoperativen Beweglichkeit.....	55
Abb. 29. Radiologische Parameter zur Bewertung der Spondylodese/Fusion.....	56
Abb. 30. Lumbosakrale Gefäßverhältnisse.....	59
Abb. 31. Altersverteilung des Patientenkollektivs.....	63
Abb. 32. Präoperative Verhältnisse I.....	65
Abb. 33. Präoperative Verhältnisse II.....	66
Abb. 34. Korrektur des Gleitgrades im Vergleich.....	68
Abb. 35. Radiologische Parameter im prä-/postoperativem Vergleich.....	70
Abb. 36. Beeinflussung der Rückenschmerzen durch die OP.....	73

Abb. 37. Beeinflussung der Beinschmerzen durch die OP.....	74
Abb. 38. Beeinflussung der Sensibilitätsstörungen durch die OP.....	75
Abb. 39. Beeinflussung der Beinschwäche durch die OP.....	76
Abb. 40. Score im prä-/postoperativem Vergleich.....	77
Abb. 41. (a-d) Fall-Beispiel I.....	97
Abb. 42. (a-f) Fall-Beispiel II.....	99
Abb. 43. (a-d) Fall-Beispiel III.....	103
Abb. 44. (a-d) Fall-Beispiel IV.....	107

## Literaturverzeichnis

1. Aebi M, Etter C, Kehl T, Thalgott J (1988) The internal skeletal fixation system: a new treatment of thoracolumbar fractures and other spinal disorders. Clin Orthop 227: 30-43
2. Albassir A, Samson I, Hendrichx L (1990) Traitement de la spondylolyse douloureuse par le crochet de Morscher. Acta Orthop Belg 56: 489-95
3. Albee FH (1911) Transplantation of a portion of the tibia in to the spine for Pott's disease. JAMA 57: 885-6
4. Albers C, Zielke K (1982) Zur operativen Behandlung des instabilen, therapieresistent schmerzhaften lumbosakralen Scharniers durch distrahierend-dekomprimierende, posterolaterale Spondylodese über den geteilten Sakralstabaufbau nach Zielke. Z Orthop 120: 348-53
5. Andry N (1741) L'orthopédie Paris: La Veuve Alix 1741, English Edition, London: Printed for A. Miller
6. Ani N, Keppler L, Biscup RS, Steffee AD (1991) Reduction of high-grade slips (grades III-V) with VSP instrumentarium. Spine 16: 302-10
7. Apel DM, Lorenz MA, Zindrick MR (1989) Symptomatic spondylolisthesis in adults four decades later. Spine 14: 345-8
8. Arnold P, Winter M, Scheller G, Konermann W, Rumetsch D, Jani L (1996) Die klinischen und radiologischen Ergebnisse der Isthmusrekonstruktion bei der lumbalen Spondylolyse und der geringgradigen Spondylolisthesis. Z Orthop 134: 226-32
9. Baker JK, Reardon PR, Reardon MJ, Heggeness MH (1993) Vascular injury in anterior lumbar surgery. Spine 18: 2227-30
10. Barclay-Smith E (1911) Multiple anomaly in a vertebral column. J Anat Physiol 45: 144-71
11. Balderston RA, Bradford DS (1985) Technique for achievement and maintenance of reduction of severe spondylolisthesis using spinous process traction wiring and external fixation of the pelvis. Spine 10: 376-82
12. Benini A (1977) Compression of nerve roots due to lumbar spondylolisthesis. Medizinische Monatsschrift 31: 452-4

13. Bitan E, Padovani JP, Glorion C, Rigault P, Touzet PH, Finidori G (1990) Spondylolisthesis á grand déplacement de l'enfant et de l'adolescent. Rev Chir Orthop 76: 425-36
14. Blackburne JS (1989) Spondylolisthesis in sportsmen. J R Coll Surg (Edinb) 34 (Suppl): 12-14
15. Blake: zitiert von Meyerding HW (1932) in: Spondylolisthesis. Surg Gynecol Obstet 54: 371-7
16. Blumenthal SL, Gill K (1993) Can lumbar spine radiographs accurately determine fusion in postoperative patients? Spine 18: 1186-9
17. Boos N, Marchesi D, Zuber K, Aebi M (1993) Treatment of severe spondylolisthesis by reduction and pedicular fixation. Spine 18: 1655-61
18. Borkow SE, Kleiger (1971) Spondylolisthesis in the newborn, a case report. Clin Orthop 81: 73-4
19. Bosworth DM (1945) Clothespin graft of the spine for spondylolisthesis and laminal defects. Am J Surg 67: 61-9
20. Bosworth DM (1948) Techniques of spinal fusion: Pseudarthrosis and method of repair. AAOS Instructional Course Lecture V.: 295-313
21. Boxall D, Bradford DS, Winter RB, Moe JH (1979) Management of severe spondylolisthesis in children and adolescents. J Bone Joint Surg (Am) 61: 479-95
22. Bradford DS (1979) Treatment of severe spondylolisthesis. Spine 4: 423-9
23. Bradford DS (1988) Closed reduction of spondylolisthesis. Spine 13: 580-7
24. Bradford DS, Gotfried Y (1987) Staged salvage reconstruction of grade IV and V spondylolisthesis. J Bone Joint Surg (Am) 69: 191-202
25. Bradford DS, Iza J (1985) Repair of the defect in spondylolysis or minimal degrees of spondylolisthesis by segmental wire fixation and bone grafting. Spine 10: 673-79
26. Brochen JEW (1950) Die Dysplasie des Wirbelbogens. Eine pathologische Studie zum Spondylolisthesisproblem. Fortschr Röntgenstr. 73: 719-26
27. Brodsky AE, Evan SK, Momtaz AK (1991) Correlation of radiologic assesment of lumbar spine fusions with surgical exploration. Spine 16: S261-5

28. Buck JE (1970) Direct repair of the defect in spondylolisthesis. Preliminary report. J Bone Joint Surg (Br) 52: 432-7
29. Burkus JK, Lonstein JE, Winter RB, Denis F (1992) Long-term evaluation of adolescents treated operatively for spondylolisthesis. J Bone Joint Surg (Am) 74: 693-704
30. Capener N (1932) Spondylolisthesis. Br. J. Surg. 19:374-86
31. Chandler FA (1931) Lesions of the "isthmus" (pars interarticularis) of the laminae of the lower lumbar vertebrae and their relation to spondylolisthesis. Surg Gynecol Obstet 53: 273-306
32. Chang KW, Dewei Z, McAfee (1989) A comparative biomechanical study of spinal fixation using the combination spinal rod-plate and transpedicular screw fixation system. J Spinal Disord 1: 257-66
33. Cheng CL, Fang D, Lee PC, Leong JCY (1989) Anterior spinal fusion for spondylolysis and isthmic spondylolisthesis: J Bone Joint Surg (Br) 71: 264-7
34. Cloward RB (1953) The treatment of ruptured lumbar intervertebral discs by vertebral body fusion. Indications, operation technique, after care. J Neurosurg 10: 154-68
35. Cyron BM, Hutton WC (1978) The fatigue strength of the lumbar neural arch in spondylolysis. J Bone Joint Surg (Br) 60: 234-8
36. DeWald KL, Faut MM, Taddonio RE, Neuwirth MG (1991) Severe lumbosacral spondylolisthesis in adolescents and children. J Bone Joint Surg (Am) 63: 619-26
37. DeQuervain F, Hoessly H (1917) Operative immobilization of the spine. Surg Gynecol Obstet 24: 428-36
38. Dick W (1987) The "Fixateur Interne" as a versatile Implant for spine surgery. Spine 12: 882-900
39. Dick W, Schnebel B (1988) Severe spondylolisthesis: Reduction and internal fixation. Clin Orthop 232: 70-9
40. Dick W (1992) Fixateur interne. State of the Art Review 6: 147-53
41. Dick W (1996) Interkorporelle Spondylodese L4/L5 und L5/S1. In: Blauth M, Dick W (Hrsg) Operationen an der Wirbelsäule. Medizin und Wissen, München, 168

42. Dick W, Elke R (1997) Die Bedeutung des sagittalen Profils und der Reposition bei der Spondylolisthesis Grad III-V. Orthopäde 26: 774-80
43. Dick W, Magerl F, Kluger P, Wörsdörfer O, Zäch G (1985) A new device for internal fixation of thoracolumbar and lumbar spine fractures: the "Fixateur interne." Paraplegia 23: 225-32
44. Dickson JH, Erwin WD, Rossi D (1990) Harrington instrumentation and athrodesis for idiopathic scoliosis: a twenty-one year follow-up. J Bone Joint Surg (Am) 72: 678-83
45. Downie WW, Leatham PA, Rhind VM, Wright V, Branco JA, Anderson JA (1978) Studies with pain rating scales. Ann Rheum Dis 37: 378-81
46. Edelmann P (1992) Fusion in situ. In: Die Instabilität des lumbosakralen Scharniers, Hrsg: Stempel A von, Wirth CJ, Thieme, Stuttgart, New York, 99-106
47. Edwards CC, White JB, Levine AM (1988) One-stage reduction of spondyloptosis using corrective forces alone: A new surgical option. Orthop Trans 12: 136-46
48. Edwards CC, Bradford DS (1994) Controversies instrumented reduction of spondylolisthesis. Spine 19: 1535-7
49. Edwards CC, Curcin A (1994) Spondyloptosis: definition and long-term results of reduction and fusion. Proceedings of the 9th Annual Meeting, North American Spine Society, October 19-24, Minneapolis
50. Eisenstein SM, Ashton IK, Roberts S (1994) Innervation of the spondylolysis "ligament". Spine 19: 912-6
51. Endotec (1997) Handbuch. Der Wirbelsäulenfixateur. Vertriebs- und Beratungsgesellschaft für Medizintechnik mbH, Burscheid
52. Engelhardt M, Reuter I, Freiwald J, Böhme T, Halbsguth A (1997) Spondylolyse und Spondylolisthesis und Sport. Orthopäde 26: 755-9
53. Esses SI, Natout N, Kip P (1995) Posterior interbody arthrodesis with a fibular strut graft in spondylolisthesis. J Bone Joint Surg (Am) 77: 172-6
54. Ferris LR, Ho E, Leong JCY (1990) Lumbar spondyloptosis. Int Orthop (SICOT) 4: 139-43

55. Fraser RD (1995) Interbody, posterior, and combined lumbar fusions. *Spine* 24S: 167S-177S
  
56. Freeman BL, Donati NL (1989) Spinal arthrodesis for severe spondylolisthesis in children and adolescents. *J Bone Joint Surg (Am)* 71: 594-8
  
57. Frederickson BE, Baker D, Mc Holick WJ, Yuan HA, Lubicky JP (1984) The natural history of spondylolysis and spondylolisthesis. *J Bone Joint Surg (Am)* 66: 699-707
  
58. Frennered AK, Danielson BI, Nachemson AL, Nordwall AB (1991) Midterm follow-up of young patients fused in situ for spondylolisthesis. *Spine* 16: 409-16
  
59. Friberg S (1939) Studies on spondylolisthesis. *Acta Chirurgica Scandinavica* 82 (suppl): 55
  
60. Gaines RW, Nichols WK (1983) Treatment of Spondyloptosis by two stage L5 vertebrectomy and reduction of L4 onto S1. *Spine* 10: 680-6
  
61. George EM (1939) Spondylolisthesis. *Surg Gynec and Obstet* 68: 774-81
  
62. Gertzbein SD, Betz R, Clements D, Errico T, Hammerberg K, Robbins S, Sheperd E, Weber A, Kerina M, Albin J, Wolk D, Ensor K (1996) Semirigid Instrumentation in the management of lumbar spinal conditions combined with circumferential fusion. A multicenter study. *Spine* 21: 1918-26
  
63. Ghormley RK (1958) An etiologic study of back pain. *Radiology* 70: 649-56
  
64. Gill GG, Manning JG, White HL (1955) Surgical treatment of spondylolisthesis without fusion. *J Bone Joint Surg (Am)* 37: 493-520
  
65. Greenspan A (1993) *Skelettradiologie*. Chapman & Hall, Weinheim
  
66. Grifka J (1994) *Orthopädie in Frage und Antwort*. Jungjohann Verlagsgesellschaft, Neckarsulm, p 137
  
67. Groher W, Heidensohn P (1970) Rückenschmerzen und röntgenologische Veränderungen bei Wasserspringern. *Z Orthop* 108: 51-6
  
68. Hadra B (1891) Wiring of the vertebrae as a means of immobilization in fracture and Pott's disease. *Am Orthop Assn Trans* 4: 206-13



69. Hähnel H, Muschik M, Zippel H, Gutsche H (1991) Lumbale Segmentspondylodese - isoliert ventral oder kombiniert dorsoventral? - Ein Ergebnisvergleich. Z Orthop 129: 197- 203
70. Halm H, Castro WHM, Liljenqvist U, Hegerfeld U (1996) Langzeitergebnisse der operativen Behandlung von Spondylolisthesen mit der Sakralplatte nach Schöllner. Z Orthop 134: 219-225
71. Hambly M, Lee CK, Gutteling E, Zimmermann MC, Langrana N, Pyun Y (1989) Tension band wiring-bone grafting for spondylolysis and spondylolisthesis. A clinical and biomechanical study. Spine 14: 455-60
72. Hanley EN jun (1995) The indications for lumbar spinal fusion with and without instrumentation. Spine 24S: 143S-153S
73. Harms J, Rolinger H (1982) Die operative Behandlung der Spondylolisthese durch dorsale Aufrichtung und ventrale Verblockung. Z Orthop 120: 343-7
74. Harms J, Stoltze D, Grass M (1985) Operative Behandlung der Spondylolisthese durch dorsale Reposition und ventrale Fusion. Orthop Prax 21: 996-1001
75. Harrington PR, Tullos HS (1969) Reduction of severe spondylolisthesis in children. South Med J 62: 1-12
76. Harrington PR, Dickson JH (1976) Spinal instrumentation in treatment of severe spondylolisthesis. Clin Orthop 117: 157-63
77. Harris IE, Weinstein SL (1987) Long term follow-up of patients with grade-III and IV spondylolisthesis. J Bone Joint Surg (Am) 69: 960-69
78. Haukipuro K, Keränen N, Koivisto E, Lindholm R, Norio R, Punto L (1978) Familial occurrence of lumbar spondylolysis and spondylolisthesis. Clin Genetics 13: 471-6
79. Hefti F (1997) Direktverschraubung der Spondylolyse mit der Hakenschraube. Orthopäde 26: 769-73
80. Henderson ED (1966) Results of the surgical treatment of spondylolisthesis. J Bone Joint Surg 48 (Am): 619-42
81. Hensinger RN, Lang JR, MacEwen GD (1976) Surgical management of spondylolisthesis in children and adolescents. Spine 1: 207-16

82. Hensinger RN (1989) Current concepts review: Spondylolysis and spondylolisthesis in children and adolescents. *J Bone Joint Surg* 71 (Am): 1098-1107
83. Herbiniaux G (1782) *Traité Sur Divers Accouchements Laborieux et Sur les Polypes de la Matrice*. Brüssel, Belgien: J L DeBoubers
84. Hibbs RA (1917) Treatment of deformities of the spine caused by poliomyelitis. *JAMA* 69: 787-96
85. Hibbs RA, Swift WE (1929) Developmental abnormalities at the lumbosacral juncture causing pain and disability. *Surg Gynecol Obstet* 48: 604-12
86. Hitchcock HH (1940) Spondylolisthesis: observations on its development, progression and genesis. *J Bone Joint Surg* 22: 1-16
87. Hohmann F, Stürz H (1997) Differentialindikation zur lumbosakralen Fusions- und Repositionsoperation beim Wirbelgleiten. *Orthopäde* 26: 781-9
88. Hopf C, Grimm J, Arai (1991) Ergebnisse der operativen Behandlung bei Spondylolisthesen sowie bei lumbalen und sakralen Wirbelsäuleneingriffen. *Z Orthop* 129: 365-73
89. Hopf T, Schmitt E (1990) Die operative Reposition der Spondylolisthesis mit dem Fixateur interne und einem neuen einfachen Repositionsinstrument. *Z Orthop* 128: 490-3
90. Hoshini H, Matzel C (1991) Spondylolysis in athletes. *Press medicale* 13: 596-600
91. Hu SS, Bradford DS, Transfeld EE, Cohen M (1996) Reduction of high grade spondylolisthesis using Edwards instrumentarium. *Spine* 21:367-71
92. Humphrey GM (1858) *A Treatise on the Human Skeleton*. Cambridge, UK: Macmillan & Co. 143 n
93. Immenkamp M (1990) Persönliche Mitteilungen an Walker N : Bildgebende und diagnostische Verfahren zur Darstellung der Spondylolisthesis. In: *Die Instabilität des lumbosakralen Scharniers*, Hrsg: Stempel A von, Wirth CJ, Thieme, Stuttgart, New York, 43-9
94. Jackson RK, Boston DA, Edge AJ (1985) Lateral mass fusion. A prospective study of a consecutive series with long-term follow-up. *Spine* 10: 828-32
95. Jaeger W (1935) Über die Spondylolisthesis. *Fortschr Röntgenstr* 52: 107-11

96. Jenkins JA (1936) Spondylolisthesis. Br J Surg 24: 80-5
97. Jinkins JR, Rauch A (1994) Magnetic resonance imaging of entrapment of lumbar nerve roots in spondylolytic spondylolisthesis. J Bone Joint Surg (Am) 11: 1643-8
98. Johnson GV, Thompson AG (1992) The Scott wiring technique for direct repair of lumbar spondylolysis. J Bone Joint Surg (Br) 74: 426-30
99. Johnson JR, Kirwan EO (1983) The long-term results of fusion in situ for severe spondylolisthesis. J Bone Joint Surg (Br) 65: 43-6
100. Johnson RM, McGuire EJ (1981) Urogenital complications of anterior approaches to the lumbar spine. Clin Orthop 154: 114-8
101. Junghans H (1929) Spondylolisthesis, 30 pathologisch-anatomisch untersuchte Fälle. Bruns Beitr Klin Chir (Berlin) 148: 554-67
102. Junghans H (1986) Die Wirbelsäule unter den Einflüssen des täglichen Lebens, der Freizeit, des Sports. Die Wirbelsäule in Forschung und Praxis, Bd 100, Stuttgart
103. Kammel W (1959) Häufigkeit und klinische Bedeutung der Spina bifida occulta. Z Orthop 12: 449-52
104. Kaneda K, Kazama H, Satoh S, Fujiya M (1986) Follow-up of medial facetectomies and posterolateral fusion with instrumentation in unstable degenerative spondylolisthesis. Clin Orthop 203: 159-67
105. Kilian HF (1854) De Spondylolisthesi gravissimae pelvangustiae causa nuper detecta. Commentatio anatomico-obstetrica. Bonn, Georgii
106. Kimura M (1968) My method of filling the lesion with spongy bone in spondylolysis and spondylolisthesis. (Jap) Orthop Surg 19: 285-95
107. King D (1944) Internal fixation for lumbo-sacral fusion. Am J Surg 66: 357-66
108. Kiviluoto O, Santavirta S, Salenius P, Morri P, Pylkkänen P (1985) Posterolateral spine fusion: A 1-4 year follow-up of 80 consecutive patients. Acta Orthop Scand 56: 152-4

109. Kiwisch A (1851) Das durch Dislocation des letzten Lendenwirbels nach vorn anomale Becken. Geburtskd Ferdinand Enke, Erlangen, 168-75
110. Kluger P, Weidt F, Puhl W (1997) Spondylolisthesen und Pseudospondylolisthesen. Behandlung durch segmentale Reposition und interkorporelle Fusion mittels Fixateur interne. Orthopäde 26: 790-5
111. Knodt M, Larrik RB (1964) Distraction fusion of the spine. Ohio Stat Med J 60 (12): 1140-2
112. Konermann W, Sell S (1992) Die Wirbelsäule. Eine Problemzone im Kunstturnhochleistungssport. Eine retrospektive Analyse von 24 ehemaligen Kunstturnerinnen des deutschen A-Kaders. Sportverl Sportschad 6: 156-60
113. Kostuik JP, Errico TJ, Gleason TF (1986) Techniques of internal fixation for degenerative conditions of the lumbar spine. Clin Orthop 203: 219-26
114. Kreusch-Brinkner R, Groher W, Mark P Ä(1986) Die ventrale interkorporelle Spondylodese bei lumbalen Instabilitäten. Z Orthop 124: 619-27
115. Krismer M, Auckenthaler T, Gruber R, Wimmer C, Sterzinger W, Ogon M (1997) Lumbale Fusion bei Erwachsenen - dorsal oder kombiniert ventral/dorsal? Orthopäde 26: 568-71
116. Krismer M, Bauer R (1992) Ergebnisse der operativen Spondylolisthesetherapie. In: Die Instabilität des lumbosakralen Scharniers, Hrsg: Stempel A von, Wirth CJ, Thieme, Stuttgart, New York, 91-8
117. Lack W, Eyb R, Leber H (1991) Das laterale Profil der Lendenwirbelsäule nach lumbosacraler Spondylodese - Vergleich zwischen Harringtonstäben und einem transpedikulären Fixationssystem (USIS nach Zielke) Z Orthop 129: 19-24
118. Lambl W (1858) Das Wesen und Entstehen der Spondylolisthesis. Beitr Geb Gynaek (Scanzoni) 3: 1-79
119. Lambl W (1858) Zehn Thesen ueber spondylolisthesis. Z Gynäkol 9: 250-3
120. Lamy C, Eng B, Bazerqui A, Kraus H, Farfan F (1975) The strength of the neural arch and the etiology of spondylolysis. Orthop Clin N Amer 6: 215-24
121. Lane WA (1885) Some of the changes which are produced by pressure in the lower part of the spinal column. Transactions of the Pathological Society of London 36: 364-78

122. Lane WA (1886) A remarkable example of the manner in which pressure-changes in the skeleton may reveal the labor-history of the individual. *J Anat Physiol* 12: 385-406
123. Lange F (1910) Support for the spondylolytic spine by means of buried steel bars attached to the vertebra. *Am J Orthop Surg* 8: 344-59
124. Laurent LE, Einola S (1961) Spondylolisthesis in children and adolescents. *Acta Orthop Scand* 31: 45-64
125. Laurent LE, Östermann K (1976) Operative treatment of spondylolisthesis in young patients. *Clin Orthop* 117: 85-90
126. Leu HF, Hauser RK, Schreiber A (1997) Lumbar percutaneous endoscopic interbody fusion. *Clin Orthop* 337: 58-63
127. Lehmer SM, Steffee AD, Gaines RW (1994) Treatment of L5-S1 spondyloptosis by staged L5 resection with reduction and fusion of L4 onto S1. *Spine* 19: 1916-25
128. Lenke LG, Bridwell KH, Bullis D, Betz RR, Baldus C, Schoenecker PL (1992) Results of in situ-fusion for isthmic spondylolisthesis. *J Spinal Disord* 5: 433-42
129. Lenz G, Zapf S, Wocher M, (1985) Erfolge und Mißerfolge der posterolateralen Fusion, ein psychosomatisches Problem? *Orthop Praxis* 21: 243-7
130. Lowe RW, Hayes DT, Kaye J, Bagg RJ, Luekens CA jun (1979) Standing roentgenograms in spondylolisthesis. *Clin Orthop* 117: 80-4
131. Löwe A, Hopf C, Eysel P (1996) Die Bedeutung der exakt lateralen Röntgendokumentation bei der Meyerding Graduierung von Spondylolisthesen. *Z Orthop* 134: 210-3
132. Louis R, Maresca C (1977) Stabilisation chirurgicale avec reduction des spondylolyses et des spondylolisthesis. *Int Orthop (SICOT)* 1 (197): 215-225
133. Louis R (1986) Fusion of the lumbar and sacral spine by internal fixation with screw plates. *Clin Orthop* 203: 18-33
134. Magerl F (1982) External skeletal fixation of the lower thoracic and lumbar spine. In: Uthoff HK (ed) *Current concepts of external fixation of fractures*. Springer, Berlin, Heidelberg, New York, 353-66

135. Manz P (1985) Lumbale spinale Stenose und ihre operative Therapie mit und ohne Spondylodese - Literaturlauswertung und Vergleich mit eigener Kasuistik. Inaugural-Dissertation, Mainz
136. Mardjetko SM, Conolly PJ, Shott S (1994) Degenerative lumbar spondylolisthesis. A meta-analysis of literature 1970-1993. Spine 20S: 2256S-65S
137. Matzen KA (1989) Die ventrale interligamentäre-interkorporelle Spondylodese bei der Spondylolisthesis. Z Orthop 127: 39-46
138. Matzen KA, Köppl W (1985) Die operative Behandlung der Spondylolisthese mit der ventralen Distractionsspondylodese. Orthop Praxis 12: 1002-4
139. Maurice HD, Morley TR (1989) Cauda equina lesions following fusion in situ and decompressive laminectomy for severe spondylolisthesis. Spine 14: 214-6
140. McAfee PC, Weland DJ, Carlow JJ (1991) Survivorship analysis of pedicle spinal instrumentation. Spine 6(Suppl): 422-7
141. McGuire RA, Amundson GM (1993) The use of primary internal fixation in spondylolisthesis. Spine 18: 1662-72
142. McPhee IB, O'Brien JP (1979) Reduction of severe spondylolisthesis: a preliminary report. Spine 4: 430-4
143. Merbs CF (1995) Incomplete spondylolysis and healing. A study of ancient canadian eskimo skeletons. Spine 21: 2328-34
144. Merle d'Aubigne R, Gerard Y (1959) Sur les traitement chirurgical du spondylolisthesis. Rev Chir Orthop 45: 846-52
145. Metz-Stavenhagen P, Sambale R, Völpel H-J, von Stavenhagen N (1997) Behandlung der Spondylolisthese. Operation in situ oder Repositionsspondylodese. Orthopädie 26: 796-803
146. Meyer-Burgdorff II. (1932) Gibt es ein traumatisch entstandenes Wirbelgleiten? Arch Orthop Unfall-Chir 31: 486-99
147. Meyerding HW (1932) Spondylolisthesis. Surg Gynec and Obstet 54: 371-7

148. Michel CR (1971) Réduction et fixation des spondylolisthésis et des spondyloptoses. Rev Chir Orthop 57Suppl: 148-57
149. Miles JS (1975) Orthopedic problems of the Wetherill Mesa populations. Washington D.C.: National Park Studies Publications in Archaeology: 7G
150. Million R, Hall W, Haavik Nilsen K, Baker RD, Jayson MIV (1982) Assessment of the progress of the back-pain patient. Spine 7: 204-12
151. Mimura M (1990) Rotational instability of the lumbar spine - a three-dimensional motion study using bi-plane X-ray analysis system. J Jpn Orthop Assoc 64: 546-59
152. Miyagi S (1971) Spondylolysis in Japan. Verhandl Dtsch Orthop Gesellsch. Beil Z Orthop 119-26
153. Moreton RD (1966) Spondylolysis. J Am Med Ass 195: 671-4
154. Morita T, Ikata T, Katoh S, Miyake R (1995) Lumbar spondylolysis in children and adolescents. J Bone Joint Surg (Br) 77: 620-5
155. Morscher E, Gerber B, Fasel J (1984) Surgical treatment of spondylolisthesis by bone grafting and direct stabilization of spondylolysis by means of a hook screw. Arch Orthop Trauma 103: 175-8
156. Murray RO, Colwill MR (1968) Stress fractures of the pars interarticularis. Proceedings of the Royal Society of Medicine 61: 555-7
157. Mutch J, Walmsley R (1956) The aetiology of cleft vertebral arch in spondylolisthesis. Lancet 1: 74-7
158. Neugebauer FL (1881) Zur Entwicklungsgeschichte des spondylolisthetischen Beckens und seiner Diagnose. Inaugural-Dissertation Dporta 1881 Deutsche Z Chir (1882) 17: 577-8
159. Newman PH, Stone KH (1959) The aetiology of spondylolisthesis. J Bone Joint Surg (Br) 45: 39-59
160. Nicol RO, Scott JH (1986) Lytic spondylolysis. Repair by wiring. Spine 11: 1027-30
161. Niethard FU, Pfeil J (1985) Retrosomatische Spondylolyse des 5. LWK mit Segmentationsstörung des zugehörigen Wirbelbogens. Z Orthop 123: 859-63

162. Niethard FU, Pfeil J, Weber M (1997) Ätiologie und Pathogenese der spondylolytischen Spondylolisthese. Orthopäde 26: 750-4
163. Noack W, Kirgis A (1992) Dorsale Reposition und ventrale Spondylodese bei der lumbalen Spondylolisthesis. Operat Orthop Traumatol 4: 31-49
164. Noack W, Raetzl G (1988) Die Behandlung der Spondylolisthesis beim Erwachsenen von dorsal mit dem Fixateur interne und einem speziellen Repositionshilfsgerät. Z Orthop 126: 205-10
165. Östermann K, Östermann H (1996) Experimental lumbar spondylolistesis in growing rabbits. Clin Orthop 332: 274-80
166. Ogon M, Maurer H, Wimmer C, Landauer F, Sterzinger W, Krismer M (1997) Minimal-invasive Zugänge und Operationsverfahren an der Lendenwirbelsäule. Orthopäde 26: 553-61
167. Ohlin A, Karlsson M, Düppe H, Hasserijs R, Redlund-Johnell I (1994) Complications after transpedicular stabilization of the spine. Spine 19: 2774-9
168. Olerud S, Karlstöm G, Sjöström L (1988) Transpedicular fixation of thoracolumbar vertebral fractures. Clin Orthop 227: 44-51
169. Onimus M (1988) The results of postero-lateral lumbosacral arthrodesis. Revue de Chirurgie Orthopedique et Reparatrice de l'Appareil Moteur 74 Suppl 2 : 94-8
170. Peek RD, Wiltse LL, Reynolds JB, Thomas JC, Guyer DW, Widell EH (1989) In situ-arthrodesis without decompression for grade-III or IV isthmic spondylolisthesis in adults who have severe sciatica. J Bone Joint Surg (Am) 71: 62-8
171. Petersen H, Zippel H (1995) Ergebnisse der ventrodorsalen lumbalen Wirbelfusion bei degenerativen und Gleitinstabilitäten unter besonderer Berücksichtigung psychosozialer Probleme. Orthop Praxis 12: 844-5
172. Pfeil J, Niethard FU, Cotta H (1987) Die Pathogenese kindlicher Spondylolisthesen. Z Orthop 125: 526-33
173. Pihlajamäki H, Myllynen P, Böstman O (1997) Complications of transpedicular lumbosacral fixation for non-traumatic disorders. J Bone Joint Surg (Br) 79-B: 183-189
174. Poirier P (1911) Traité d'Anatomie Humaine. 2nd ed. Paris: vol 1: 171-2



175. Polster J, Hoefert H (1974) Die biologischen Grundlagen für die Indikationsstellung zur vorderen und hinteren Spondylodese. Z Orthop 112: 753-7
176. Poussa M, Schlenzka D, Seitsalo S, Ylikosi M, Hurri H, Östermann K (1993) Surgical treatment of severe isthmic spondylolisthesis in adolescents. Reduction or fusion in situ. Spine 18: 894-901
177. Puno RM, Bechtold JE, Byrd JA (1987) Biomechanical analysis of five techniques of fixation for the lumbosacral junction. Orthopaedic Transactions 11:98-9
178. Putto E, Tallroth K (1990) Extension-flexion radiographs for motion. Studies of the lumbar spine. Spine 15: 107-10
179. Recknagel S, Witte H (1996) Landung nach Sprüngen - falsche Technik begünstigt die Spondylolyse. Z Orthop 134: 214-218
180. Roasenda F (1958) Spondilolistesi e retrospondilolistesi. Minerva Chir 13: 104-110
181. Robert zu Coblenz (1855) Eine eigenthümliche angeborene Lordose, wahrscheinlich bedingt durch eine Verschiebung des Körpers des Lendenwirbels auf die vordere Fläche des ersten Kreuzbeinwirbel (Spondylolisthesis Kilian), nebst Bemerkungen über die Mechanik dieser Beckenformation. Monatschr Geburts Frauenkr (Berlin) 5: 81-94
182. Roberts RA (1947) Chronic structural low backache. London: HK Lewis Co
183. Roland M, Morris R (1983) A study of the natural history of back pain: Part I: Development of a reliable and sensitive measure of disability in low back-pain. Spine 8: 141-4
184. Rokitansky C, Freiherr von (1839) Beiträge zur Kenntnis der Rückgrathskrümmungen, und der mit dem selben zusammentreffenden Abweichung des Brustkorbes und Beckens. Med Jb Österr Staates 19: 41, 195-9
185. Rosenberg NJ, Barger WL, Friedman B. (1982) The incidence of spondylosis and spondylolisthesis in nonambulatory patients. Spine 6: 35-8
186. Rossi F, Dragoni S (1990) Lumbar spondylolysis: occurrence in competitive athletes. J Sports Med Phys Fitness 30: 450-2
187. Rowe GC, Roche MB (1953) The etiology of separate neural arch. J Bone Joint Surg (Am) 35: 102-10

188. Roy-Camille R, Saillant G, Berteaux D, Salgado V (1976) Osteosynthesis of thoracolumbar spine fractures with metal plates screwed through the vertebral pedicles. *Reconstr Surg Traumatol* 15: 2-16
189. Roy-Camille R, Benazet JP, Desauge JP, Kuntz F (1993) Lumbosacral fusion with pedicular screw plating instrumentation: A 10 year follow-up. *Acta Orthop Scand* 64: 100-4
190. Ruta DA, Garratt AM, Wardlaw D, Russel IT (1994) Developing a valid and reliable measure of health outcome for patients with low back pain. *Spine* 19: 1887-96
191. Salis-Soglio G von (1992) Die lumbosakrale Instabilität bei der Olisthesis: Fusion mit Memory-Metall. In: Die Instabilität des lumbosakralen Scharniers, Hrsg: Stempel A von, Wirth CJ, Thieme, Stuttgart, New York, 110-4
192. Saraste H, Broström LÅ, Aparisi T, Axdorph G (1985) Radiographic measurement of the lumbar spine. A clinical and experimental study in man. *Spine* 10: 236-41
193. Scaglietti O, Frontino G, Bartolizzi P (1976) Technique of anatomical reduction of lumbar spondylolisthesis. *Clin Orthop* 117: 165-75
194. Schlenzka D, Seitsalo S, Poussa M, Östermann K (1993) Operative treatment of symptomatic lumbar spondylolysis and mild isthmic spondylolisthesis in young patients: direct repair of the defect or segmental fusion? *Eur Spine J* 2: 104-12
195. Schmitt O, Schneider U (1990) Ergebnisse der lumbalen Wirbelsäulenstabilisierung bei der Spondylolisthesis durch Spondylodese und zusätzliche Stabilisierungsmaßnahmen. In: Wirbelsäulenchirurgie: Spondylolisthesis, Hrsg: Matzen KA, Thieme, Stuttgart
196. Schneiderman GA, McLain RF, Hambly MF, Nielsen SL (1995) The pars defect as a pain source. A histologic study. *Spine* 20: 1761-4
197. Schöllner D (1975) Ein neues Verfahren zur Reposition und Fixation bei Spondylolisthesis. *Orthop Prax* 11: 270-4
198. Schönecker PL, Cole HO, Herring JA, Capelli AM, Bradford DS (1990) Cauda equina syndrome after in situ arthrodesis for severe spondylolisthesis at the lumbosacral junction. *J Bone Joint Surg (Am)* 72: 369-77
199. Schwegel A (1859) Knochenvarietäten. *Z Rat Med* 5: 283-95

200. Scott JH (1987) The Edinburgh repair of the isthmic spondylolysis. *J Bone Joint Surg (Br)* 69: 491-99
201. Seitsalo S, Östermann K, Hyvärinen H, Tallroth K, Schlenzka D, Poussa M (1991) Progression of spondylolisthesis in children and adolescents. A long-term follow-up in 272 patients. *Spine* 16: 417-21
202. Seitsalo S, Östermann K, Hyvärinen H, Tallroth K, Schlenzka D, Poussa M (1990) Severe Spondylolisthesis in children and adolescents. *J Bone Joint Surg (Br)* 72: 259-65
203. Seyfert B (1853) Kaiserschnitt in Folge einer Beckenanomalie durch Dislocation des letzten Lendenwirbels. *Wien Med Wschr* 3: 37-43
204. Sibrandij S (1981) A new technique for the reduction and stabilisation of severe spondylolisthesis. *J Bone Joint Surg (Br)* 63: 266-71
205. Silver JR, Gill S (1988) Injuries of the spine sustained during rugby. *Sports Med* 5: 328-34
206. Sherman FC, Rosenthal RK, Hall JE (1979) Soine fusion for spondylolysis and spondylolisthesis in children. *Spine* 4: 59-67
207. Stauffer RN, Coventry MB (1972) Posterolateral lumbar-spine fusion. Analysis of Mayo clinic series. *J Bone Joint Surg (Am)* 54: 1195-1204
208. Stauffer RN, Coventry MB (1972) Anterior interbody lumbar-spine fusion. *J Bone Joint Surg (Am)* 54: 756-68
209. Steffee AD, Biscup RS, Sitakowski DJ (1986) Segmental spine plates with pedicle screw fixation: A new internal fixation device for disorders of the lumbar and thoracolumbar spine. *Clin Orthop* 203: 45-53
210. Steffee AD, Sitakowski DJ (1988) Reduction and stabilisation of grade IV spondylolisthesis. *Clin Orthop* 227: 82-9
211. Steward TD (1953) The age incidence of neural arch defects in alaska nativesn considered from the standpoint of etiology. *J Bone Joint Surg (Am)* 35: 937-50
212. Stohr A (1992) Orthopädisch-konservative Behandlung der Spondylolyse. In: Die Instabilität des lumbosakralen Scharniers, Hrsg: Stempel A von, Wirth CJ, Thieme, Stuttgart, New York, 87-90

213. Stoltze D, Harms J (1992) Transpedikuläre Schraubensysteme bei der Behandlung der Spondylolisthese. In: Die Instabilität des lumbosakralen Scharniers, Hrsg: Stempel A von, Wirth CJ, Thieme, Stuttgart, New York, 170-6
214. Stürz H, Bade A (1990) Ergebnisse der dorsalen Distaktionsreposition und ventralen interkorporellen Spondylodese. In: Wirbelsäulen Chirurgie: Spondylolysthese, Hrsg: Matzen KA, Thieme, Stuttgart, 125-31
215. Suezawa Y, Bernoski FP, Jacob HAC (1981) A comparison of the long term results of the three types of posterior fusion of the lumbar spine for spondylolisthesis. Int Orthop (SICOT) 5: 291-297
216. Suezawa Y, Jacob HAC (1992) Ätiopathogenese der Spondylolisthese. In: Die Instabilität des lumbosakralen Scharniers, Hrsg: Stempel A von, Wirth CJ, Thieme, Stuttgart, New York, 22-32
217. Suh PB, Esser SI, Kostuik JP (1991) Repair of pars interarticularis defect. The prognostic value of pars infiltration. Spine 16 (8 Suppl): 445-8
218. Suzuki T, Percy MJ, Tibrewal SB, Wilson D, Duthie RB (1985) Posterior intertransverse fusion assessed clinically and with biplanar radiography. Internat Orthop 9: 11-17
219. Taillard W (1954) Le spondylolisthesis chez l'enfant et l'adolescent. (Etude de 50 cas.) Acta Orthop Scand 24: 115-44
220. Taillard W (1976) Etiology of spondylolisthesis. Clin Orthop 117: 30-9
221. Tajima N, Kawano K, Sera K, Taguchi A, Torigoshi T, Konishi H, (1989) Posterolateral fusion of the lumbar and lumbosacral spine - a review of long term results. Nippon Seikeigeka Gakkai Zasshi 63: 262-8
222. Thomas W (1981) Zur Problematik dorsaler Spondylodesen unter Verwendung von Distaktionsstäben. Z Orthop 119: 535-46
223. Tiusanen H, Schlenzka D, Seitsalo S, Poussa M, Östermann K (1996) Results of a trial of anterior or circumferential lumbar fusion in the treatment of severe isthmic spondylolisthesis in young patients. J Pediatr Orthop B 5: 190-202
224. Töndury G (1940) Beitrag zur Kenntnis der kleinen Wirbelgelenke. Z Anat 110: 568-71

225. Tonino A, van der Werf G (1994) Direct repair of lumbar spondylolysis. 10-year follow-up of 12 previously reported cases. *Acta Orthop Scand* 65: 91-3
226. Transfeldt E, Bradford DS, Robertson D, Heithoff K (1987) The cause of neurologic defect in acute spondylolisthesis and in reduction of grade III-IV Spondylolisthesis. Read at the annual meeting of the Federation of Spine Associations, San Francisco, California, Jan 21, 1987
227. Velikas EP, Blackburne JS (1981) Surgical treatment of spondylolisthesis in children and adolescents. *J Bone Joint Surg* 63 (Br): 67-70
228. Virta L (1991) Lumbar spondylolytic spondylolisthesis in adults. Thesis, Univ Turku
229. Watkins MB (1953) Posterolateral fusion of the lumbar and lumbosacral spine. *J Bone Joint Surg (Am)* 35: 1014-9
230. Weber BG, Zimmermann H (1969) Die transabdominelle interkorporelle Spondylodese bei Spondylolisthesis, Technik und Ergebnisse. In: *Bücherei des Orthopäden* 3: 178-92
231. Weis EB Jr (1975) Stresses at the lumbosacral junction. *Orthop Clin N Amer* 6/1: 83-7
232. West JL, Bradford DS, Ogilvie JW (1991) Results of spinal arthrodesis with pedicle screw-plate fixation. *J Bone Joint Surg (Am)* 73: 1179-84
233. Wiltenberger RB (1953) The perfit dowel intervertebral body fusion used in lumbar disc therapy. *Amer J Surg* 86: 723-31
234. Wiltse LL (1957) Etiology of spondylolisthesis. *Clin Orthop* 10: 48-60
235. Wiltse LL, Bateman JG, Dues R (1962) Experiences with transverse process fusions in the lumbar spine. *J Bone Joint Surg (Am)* 44: 1013-20
236. Wiltse LL, Hutchinson RH (1964) Surgical treatment of spondylolisthesis. *Clin Orthop* 35: 116-35
237. Wiltse LL, Widell EH Jr, Jackson DW (1975) Fatigue fracture: the basic lesion of isthmic spondylolisthesis. *J Bone Joint Surg (Am)* 57: 17-22
238. Wiltse LL, Jackson DW (1976) Treatment of spondylolisthesis and spondylolysis in children. *Clin Orthop* 117: 92-100

239. Wiltse LL, Newman PH, McNab I (1976) Classification of spondylolysis and spondylolisthesis. Clin Orthop 117: 23-9
240. Wiltse LL, Winter RB, (1983) Terminology and measurements of spondylolisthesis. J Bone Joint Surg (Am) 65: 768-72
241. Wimmer C, Krismer M, Gluck H, Sterzinger W, Ogon M (1997) Vor- und Nachteile des retro- und transperitonealen Zugangs zur Fusion der präsakralen Bandscheibe. Orthopäde 26: 563-7
242. Wirth CJ (1993) Überlastungsschäden im Sport. Thieme, Stuttgart, New York
243. Wittenberg RH, Steffen R, Kemen M, Willburger R, (1996) Ventrale laparoskopische Fusion des letzten lumbalen Bewegungssegmentes. Langenbecks Archiv für Chirurgie- Suppl-Kongressband 113:956-9
244. Zdeblick TA (1993) A prospective randomized study of lumbar fusion. Spine 18: 983-91
245. Zdeblick TA (1995) The treatment of degenerative lumbar disorders. A critical review of the literature. Spine 24S: 126S-137S
246. Zimmermann H (1969) Beitrag zur ventralen intercorporellen Spondylodese des Lumbosacralbereiches. Z Orthop 105: 303-15
247. Ziehlke K (1974) Modifikation des Sakralstabes der „Harrington-Implantate“ zur lumbosakralen Spondylodese. Arch Orthop Unfall Chir 80: 63-75
248. Zippel H (1980) Wirbelgleiten im Lendenbereich. Barth, Leipzig
249. Zippel H, Hähnel H (1990) Operative Behandlung von Spondylolyse / Spondylolisthese. In: Matzen KA (Hrsg) Wirbelsäulenchirurgie: Spondylolisthesis. Thieme, Stuttgart
250. Zippel H, Runge H (1976) Pathologische Anatomie und Pathogenese von Spondylolyse und Spondylolisthese im Kindesalter. Z Orthop 114: 189-95

## Lebenslauf

### Persönliche Daten

Name: Uwe Joachim Gronemeier  
Geburtsdatum: 18.11.1968  
Geburtsort: Minden / Westfalen

### Schulbildung

1975-79 Grundschole Rahden  
1979-88 Söderblom Gymnasium Espelkamp  
  
1988-89 Wehrdienst

### Hochschulausbildung

1989 Universität Hannover: Anglistik und Geschichte  
1990 Beginn des Humanmedizinstudiums an der  
Justus-Liebig-Universität Gießen  
1992 Ärztliche Vorprüfung  
1993 Erster Abschnitt der Ärztlichen Prüfung  
1995 Zweiter Abschnitt der Ärztlichen Prüfung  
1996 Dritter Abschnitt der Ärztlichen Prüfung

### Berufslaufbahn

Jun. 1996 - Dez. 1997 Arzt im Praktikum in der Orthopädischen Klinik der  
Städtischen Kliniken Frankfurt am Main / Höchst  
Feb. 1998 – März 1999 Assistenzarzt in der Chirurgischen Abteilung der  
Deutschen Klinik für Diagnostik in Wiesbaden  
seit März 1999 Assistenzarzt in der Orthopädischen Klinik der  
Städtischen Kliniken Frankfurt am Main / Höchst

## Danksagung

Die Erstellung der vorliegenden Dissertation hat mir Einblicke in die Probleme und Methoden der Lösung klinischer Fragestellungen gegeben.

In erster Linie gilt mein Dank meinem Doktorvater, Herrn PD Dr. med. Ch. Melzer, Ärztlicher Direktor des Waldkrankenhauses Bad Döben, für die Überlassung des Themas, seiner freundlichen, konsequenten und stets engagierten Betreuung bei der Planung, Durchführung und Fertigstellung meiner Arbeit sowie seiner steten Bereitschaft zur kritischen Diskussion.

Weiterhin danke ich Herrn Prof. Dr. med. H. Stürz, Direktor der Orthopädischen Klinik der Justus-Liebig-Universität Gießen, für die Möglichkeit, die vorliegende Arbeit in seiner Klinik durchzuführen.

Ferner möchte ich Herrn Dr. med. P. Manz, Orthopäde in Hofheim/Ts., für die ausdauernde Betreuung und Beratung während der praktischen Durchführung in der Orthopädischen Klinik der Justus-Liebig-Universität Gießen danken.

Den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern der Orthopädischen Klinik der Justus-Liebig-Universität Gießen danke ich für ihre Kooperation und Unterstützung im Rahmen der Patientenuntersuchung und Durchführung der Röntgenaufnahmen und Fotodokumentation.

Für die Beratung bei der statistischen Auswertung meiner Arbeit danke ich Herrn Dr. W. Pabst, Hochschulrechenzentrum der Justus-Liebig-Universität Gießen.

Gießen, Januar 2002