

Medizinischen Fakultät Charité - Universitätsmedizin Berlin

Campus Benjamin Franklin

aus der Klinik für Neurochirurgie

Direktor: Prof. Dr. med. Dr. h.c. Mario Brock

**P.L.I.F. : Posteriore lumbale interkorporelle Fusion  
Methode, Indikation und klinische Verlaufskontrolle  
im Zeitraum von 1995 bis 2000  
im Universitätsklinikum Benjamin-Franklin**

Inaugural - Dissertation  
zur Erlangung der medizinischen Doktorwürde  
Charité - Universitätsmedizin Berlin  
Campus Benjamin Franklin

vorgelegt von

Daniela Krug

aus: Gelsenkirchen

Meiner Großmutter

Referent: Prof. Dr. med. Theodoros Kombos

Koreferent: Prof. Dr. med. J. Zierski

Gedruckt mit Genehmigung der Charité – Universitätsmedizin Berlin  
Campus Benjamin Franklin

Promoviert am: 19.09.2008

# INHALTSVERZEICHNIS

<b>1. EINLEITUNG UND FRAGESTELLUNG .....</b>	<b>6</b>
<b>2. GRUNDLAGEN .....</b>	<b>8</b>
2.1 ANATOMIE DER LENDENWIRBELSÄULE (14, 45, 121, 137) .....	8
2.2 HISTORISCHER ÜBERBLICK .....	11
2.3 SPONDYLOLISTHESE: KLASSIFIKATION UND MESSMETHODEN .....	14
2.3.1 Ätiologie und Klassifikation .....	14
2.3.2 Messmethoden .....	20
2.4 KLINIK UND DIAGNOSTIK .....	24
2.4.1 Symptomatik und körperliche Untersuchungsbefunde .....	24
2.4.2 Bildgebende Verfahren .....	26
2.5 THERAPIE DER SPONDYLOLISTHESE .....	31
2.5.1 Konservative Behandlungsmethoden .....	31
2.5.2 Operative Behandlungsmethoden .....	32
<b>3. MATERIAL UND METHODEN .....</b>	<b>40</b>
3.1 PATIENTENKOLLEKTIV .....	40
3.2 DIAGNOSE- UND INDIKATIONSSTELLUNG .....	40
3.3 ERHEBUNG UND AUSWERTUNG VON PATIENTENDATEN .....	41
3.4 OPERATIVES VORGEHEN .....	45
3.5 BILDGEBENDE VERFAHREN .....	48
<b>4. ERGEBNISSE .....</b>	<b>50</b>
4.1 ALTER UND GESCHLECHT .....	50
4.2 NEUROLOGISCHE BEFUNDE .....	51
4.3 WADDELL-SCORE .....	53
4.4 BEAUJON-SCORE .....	54
4.5. WEITERE UNTERSUCHUNGSBEFUNDE .....	56
4.6 RADIOLOGISCHE ERGEBNISSE .....	56
4.7 KOMPLIKATIONEN .....	60
4.8 POSTOPERATIVER VERLAUF .....	62
4.9 SUBJEKTIVE BEURTEILUNG DURCH DEN PATIENTEN .....	63
<b>5. DISKUSSION .....</b>	<b>65</b>
5.1 ALTERS- UND GESCHLECHTSVERTEILUNG .....	65
5.2 INDIKATIONSSTELLUNG ZUR LUMBALEN INTERKORPORELLEN FUSION .....	66

5.3 NEUROLOGISCHE BEFUNDE UND ERGEBNISSE DER SCORES .....	67
5.4 RADIOLOGISCHE ERGEBNISSE UND BEURTEILUNG .....	70
5.5 KOMPLIKATIONEN.....	73
5.6 SUBJEKTIVE PATIENTENZUFRIEDENHEIT UND POSTOPERATIVE ERWERBSTÄTIGKEIT .....	76
5.7 BEURTEILUNG UNTERSCHIEDLICHER OPERATIONSMETHODEN BEI DER LUMBALEN FUSION.....	77
<b>6. ZUSAMMENFASSUNG .....</b>	<b>80</b>
<b>7. ANHANG .....</b>	<b>82</b>
<b>8. LITERATURVERZEICHNIS .....</b>	<b>87</b>
<b>9. LEBENSLAUF.....</b>	<b>101</b>
<b>10. DANKSAGUNG .....</b>	<b>101</b>
<b>ERKLÄRUNG.....</b>	<b>104</b>

## 1. Einleitung und Fragestellung

Die Technik der posterioren lumbalen interkorporellen Fusion (PLIF) wurde bereits in den vierziger Jahren eingeführt. Seitdem sind viele Modifikationen beschrieben worden. Die theoretischen Ansätze haben sich bis heute nicht wesentlich geändert. Durch die Aufrichtung des instabilen Wirbelsäulensegmentes und die anschließende interkorporelle Fusion werden die physiologischen biomechanischen Verhältnisse weitestgehend wiederhergestellt (15, 27, 65, 94, 114).

In den letzten Jahren wurde die ursprüngliche Technik modifiziert und weiterentwickelt. Verschiedene Systeme zur Stabilisierung und Instrumentierung wurden eingeführt. Aufgrund einer höheren Primärstabilität, die langfristig zu einer geringeren Nachsinterung und Reduzierung der Pseudarthrose rate führen soll, werden anstelle von Knochenblöcken zunehmend interkorporelle Implantate eingesetzt (17, 92, 94). All diese Entwicklungen werden als wichtig zur Verbesserung der Fusionsrate, der biomechanischen Stabilität und, am wichtigsten, der klinischen Ergebnisse angesehen. Trotz der technischen Weiterentwicklung ist die Zahl der therapeutischen Behandlungsansätze und -formen vielfältig und unübersichtlich. Die Operationsverfahren beinhalten Eingriffe mit und ohne Instrumentierung. Fusionen werden mit unterschiedlichen Interspacern im Zwischenwirbelraum durchgeführt. Operative Zugänge sind geläufig von dorsal, ventral sowie kombiniert.

Mit dem technischen Fortschritt auf dem Gebiet der lumbalen Fusionsoperation haben sich auch die klinischen Indikationen erweitert und reichen von der Spondylolisthese unterschiedlicher Ätiologie bis hin zu Eingriffen im Rahmen von Postdiskektomie-Syndromen und rein degenerativen Veränderungen (80, 114, 125). Viele orthopädische und neurochirurgische Kliniken und Arbeitsgruppen haben ihre eigenen Vorstellungen hinsichtlich der Operationsmethoden und Indikationen.

Die vorliegende Arbeit beinhaltet eine Qualitätskontrolle der am Universitätsklinikum Benjamin Franklin in Berlin vorgenommenen posterioren lumbalen interkorporellen Fusionen mit Titan-Cages als Interspacer und dorsaler Instrumentierung. In der Klinik wurde von Dezember 1995 bis Januar 2000 diese Operation an 125 Patienten durchgeführt. Über die Indikation und die operativen Ergebnisse soll berichtet werden.

Ein einheitliches Vorgehen in der operativen Behandlung der lumbalen Instabilität ist wohl fern und bei der Vielzahl der Behandlungsmethoden nicht zu erreichen. Anhand der Ergebnisse anderer Studien aus der aktuellen Literatur sollen die wichtigsten Behandlungsansätze mit ihren Vor- und Nachteilen vorgestellt, evaluiert und mit unseren Erfahrungen verglichen werden.

Im Rahmen einer ambulanten Nachuntersuchung werden in der vorliegenden Arbeit die Behandlungsergebnisse lythischer, degenerativer und postoperativer Spondylolisthesen nach dorsaler Spondylodese (Posteriore interkorporelle Fusion und dorsale Instrumentierung) als adäquate Therapie anhand eingehender klinischer Untersuchungen und röntgenologischer Verlaufskontrollen der Patienten beurteilt. Der Schwerpunkt soll auf dem ausführlichen Vergleich prä- und postoperativer Befunde liegen. Es wird des Weiteren versucht, mögliche Vorteile dieser operativen Vorgehensweise im Vergleich zu rein ventralen und dorsoventralen Operationstechniken herauszuarbeiten.

## 2. Grundlagen

### 2.1 Anatomie der Lendenwirbelsäule (14, 45, 121, 137)

Die Wirbelsäule, *Columna vertebralis*, stellt das bewegliche Achsenskelett des menschlichen Körpers dar. Sie besteht aus Wirbelkörpern, Zwischenwirbelscheiben und Bändern. Als elastischer, doppelt S-förmiger Stab trägt sie das Gewicht von Kopf, Hals, Rumpf und der oberen Extremität. Insgesamt setzt sich die Wirbelsäule aus vierundzwanzig Wirbelkörpern, sieben Hals-, zwölf Brust- und fünf Lendenwirbeln zusammen.

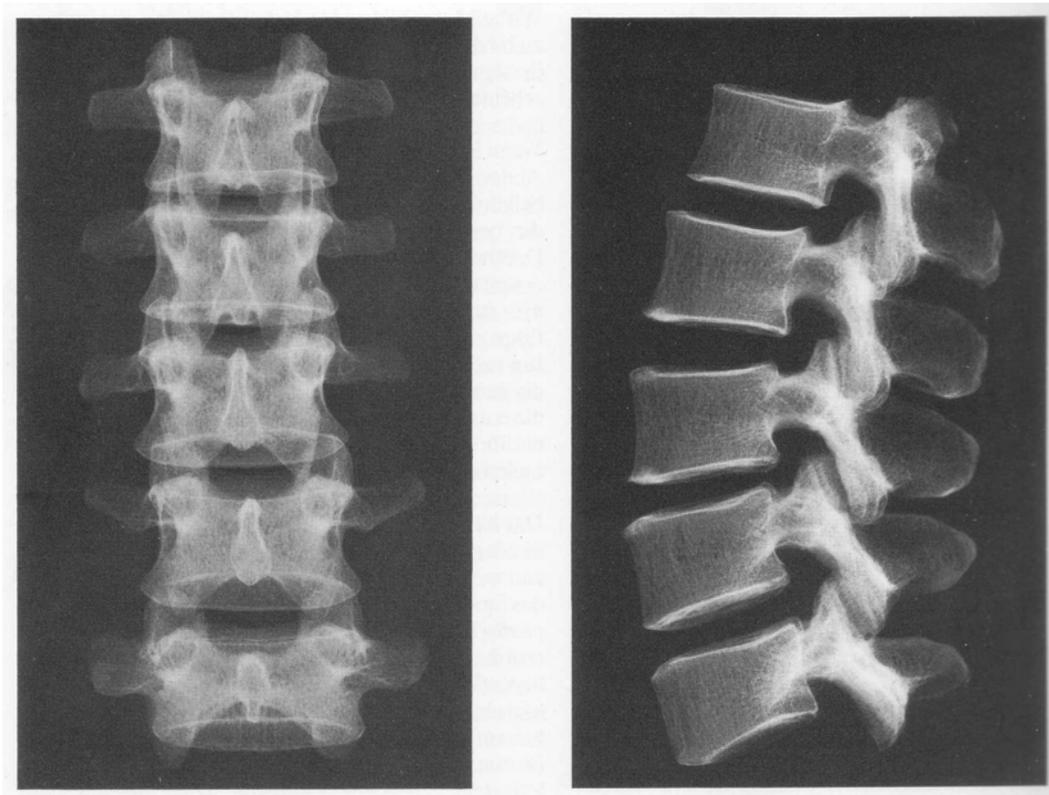


Abb.1 Anteroposteriore und Seitenaufnahme eines Präparates der Lendenwirbelsäule (aus: 131)

Der Aufbau der Wirbel variiert entsprechend den unterschiedlichen dynamischen und statischen Anforderungen in den verschiedenen Abschnitten. Eine allgemeine Grundform, bestehend aus Wirbelkörper, Wirbelbogen sowie Quer- und Dornfortsätzen, lässt sich aber in allen Abschnitten nachvollziehen.

Die Lendenwirbelkörper sind mit ihrem in der Aufsicht nierenförmigen Grundriss die größten und kräftigsten der gesamten Wirbelsäule. Die Lendenwirbelsäule besteht regulär aus fünf Lendenwirbelkörpern, welche nahezu parallel stehen. Eine Ausnahme bildet der fünfte Lendenwirbelkörper, der etwas keilförmig ausgebildet ist. An der Übergangsregion zum Os sacrum sind Formvarianten der Wirbel möglich. So wird eine Fusionierung des fünften Lendenwirbels mit dem Kreuzbein als Sakralisation bezeichnet. Es sind nur vier freie Lendenwirbelkörper vorhanden. Als Lumbalisation bezeichnet man die Variation in Form eines scheinbaren sechsten Wirbelkörpers. Hierbei handelt es sich um den ersten Sakralwirbelkörper, der nicht mit dem Kreuzbein verschmolzen ist.

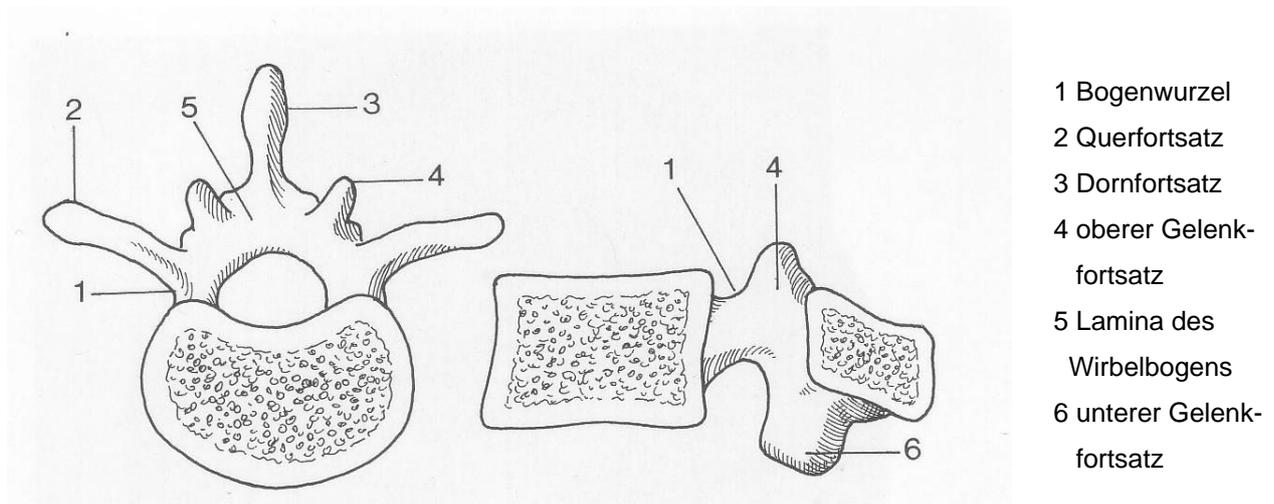


Abb.: 2 Einzelner Lendenwirbel in Ansicht von oben und von der Seite (aus: 131 )

Ein Lendenwirbel setzt sich aus dem Wirbelkörper und dem Wirbelbogen zusammen, welche über beidseitige Bogenwurzeln, die Pedikel, verbunden sind. Nach dorsal entspringen die seitlich abgeflachten Dornfortsätze. Die Bogenwurzeln weisen an ihren kranialen und kaudalen Flächen Einkerbungen auf, die zusammen mit den angrenzenden Wirbeln das Foramen intervertebrale bilden. Wirbelkörper und Wirbelbogen begrenzen außerdem die Wirbellöcher, welche in ihrer Gesamtheit den knöchernen Wirbelkanal bilden und das Rückenmark enthalten.

Aus den Pedikeln entwickeln sich lateral beiderseits noch vor den Gelenkfortsätzen die paarigen Querfortsätze, die beim ersten und fünften Lendenwirbelkörper (LWK) kürzer

und kompakter sind als bei den übrigen Lendenwirbeln. Diese Processus costarii bilden die rudimentären Lendenwirbelkörperrippen. Die Gelenkfortsätze stehen, ausgehend von der Grenze zwischen Bogenplatte und Bogenfuß, senkrecht nach oben und unten. Ihre leicht konkaven oberen Gelenkflächen richten sich nach posteromedial. Sie umfassen so die unteren Gelenkflächen des nächsthöheren Wirbels, welche konvex und nach ventrolateral ausgerichtet sind. Diese Stellung der Gelenkflächen erlaubt somit nur eine Flexions-Extensions-Bewegung in der Hauptachse und eine geringe Seitwärtsneigung, aber kaum eine Rotationsbewegung. Die Verbindungen sind echte, von einer Gelenkkapsel umgebene Gelenke. In zahlreichen Studien wurden die mechanischen Funktionen der kleinen Wirbelgelenke untersucht. Nach Adams und Hutton (1) besteht ihre Hauptaufgabe in einer Minderung der Scher- und Kompressionskräfte. Durch ihre physiologische Gelenkstellung, welche die Bewegungsrichtung in dem Wirbelsäulenkompartiment lenkt, dienen sie ferner dem Schutz der Bandscheiben vor schädigenden Bewegungseinflüssen .

Zwischen den benachbarten Wirbeln liegen kräftige Faserknorpelplatten, die Zwischenwirbelscheiben, welche die festen Bindeglieder bilden und als druckelastische Puffer wirken. Sie weisen im lumbalen Segment ihre größte Dicke auf und bedingen durch ihre im Vertikalschnitt keilförmige Ausbildung im wesentlichen die physiologische Lordose der Lendenwirbelsäule.

Dem Bandapparat der Lendenwirbelsäule kommt eine große Rolle beim Erhalt der Segmentstabilität zu. Er verhindert zusammen mit den Wirbelgelenken stärkere Dislokationen und bietet Schutz vor übermäßigen Rotations- und Flexionskräften (128) . Die Ligamenta flava spannen sich als elastische Fasernetze zwischen den Wirbelbögen auf. Ventral verbindet das starke vordere Längsband die Vorderflächen der Wirbelkörper, dorsal zieht sich das hintere Längsband durch den Wirbelkanal. Im Gegensatz zu dem wesentlich kräftiger ausgebildeten vorderen Band ist es mit Ober- und Unterkante der Wirbelkörper sowie den Bandscheiben fest verwachsen.

Zwei benachbarte Wirbelhälften mit der dazugehörigen Bandscheibe, vorderes und hinteres Längsband, gelbes Band, Wirbelgelenke und alle auf gleicher Höhe befindlichen Weichteilstrukturen werden als Bewegungssegment bezeichnet. Diese Strukturen bilden zusammen jeweils eine funktionelle Einheit der Wirbelsäule, welche

regelmäßig insgesamt aus 25 solcher Einheiten aufgebaut ist. Der Begriff Bewegungssegment geht auf Junghanns zurück (71).

Abbildung 3 stellt die anatomischen Strukturen des Bewegungssegmentes dar.

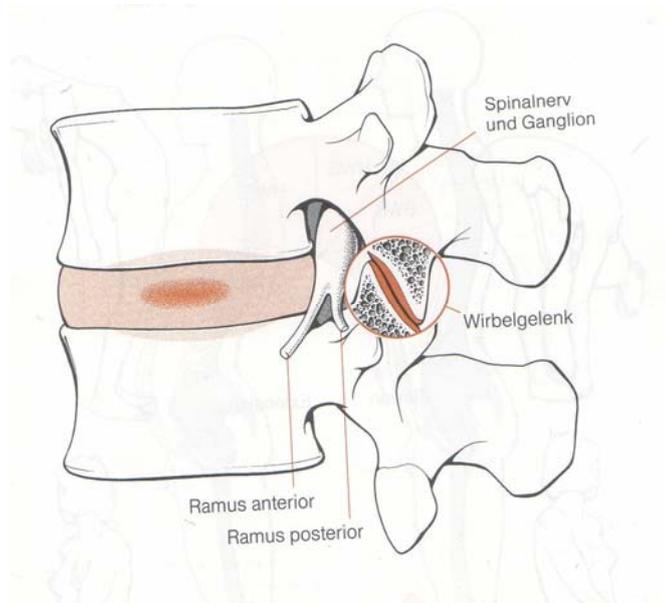


Abb. 3: Bewegungssegment nach Junghanns (aus: 103)

## **2.2 Historischer Überblick**

Die Geschichte der Entdeckung der Spondylolisthese und der Erforschung ihrer Ursachen lässt sich zurückverfolgen bis in das 18. Jahrhundert. Herbinaux (58), ein belgischer Chirurg und Geburtshelfer, beschrieb bereits 1782 in einer seiner Publikationen das Vorstehen von lumbalen Wirbelkörpern vor das Os sacrum als Geburtshindernis. Schon 1741 erwähnte Andry (5) in einem französischen orthopädischen Journal „die Verschiebung der Wirbelsäule nach Innen“ als Ursache des Hohlkreuzes. Weitere frühe Veröffentlichungen stammen von den Pathologen Rokitansky (1836/37) (117) und Schwegel (1858) (127).

Die Bezeichnung „Spondylolisthese“ stammt von Killian (1853) (72), der eine langsame Luxation des Wirbels annahm und sie „Wirbelschiebung“ nannte. Die Wortbildung geht zurück auf die griechischen Wörter für Wirbel und Gleiten.

Robert (115) hat, als einer der ersten Wissenschaftler seiner Zeit, bereits im Jahre 1855 experimentelle Leichenversuche zum Studium des Mechanismus des Wirbelgleitens vorgenommen. 1854 beschrieb Lambl (82) erstmalig eine Spaltbildung im Bereich der

Interartikularportion als Ursache des Wirbelgleitens, die er als Folge einer Fraktur oder anderer lokaler Ursachen deutete.

Weitere grundlegende Arbeiten über die Spondylolisthese stammen von Franz L. Neugebauer (100) aus der Zeit von 1881 bis 1889. Er postulierte als Voraussetzung des Gleitens eine symmetrische oder asymmetrische Trennung im Bogenteil, nämlich in der Interartikularportion und nahm ätiologisch eine angeborene Fehlbildung an.

1930 führte Junghanns (70) zusätzlich den Begriff der Pseudospondylolisthese ein, womit er das Wirbelgleiten ohne Defekt in der Interartikularportion verstand. Er führte dies auf eine Fehlstellung der kleinen Wirbelgelenke und einer dadurch bedingten Arthrose zurück. Durch die Lockerung der Verzahnung der kleinen Wirbelgelenke erklärte er das Vorwärtsgleiten des gesamten Wirbels. Macnab (89) griff 1950 dieses Phänomen als „Spondylolisthesis with an intact neural arch“ auf.

Als erste allgemein akzeptierte Klassifikation der Spondylolisthese ist die 1963 von Newmann und Stone (101) eingeführte Unterteilung in fünf Gruppen anzusehen. Sie unterschieden einen dysplastischen, isthmischen, traumatischen, pathologischen und degenerativen Typ. Diese Einteilung wurde 1976 nochmals von Wiltse (149) und 1989 schließlich von Wiltse und Rothman (151) zur heute verbreitetsten Klassifikation modifiziert. Sie unterscheidet sechs Typen und verschiedene Subtypen und wurde neben den oben genannten Kategorien noch um den postoperativen Typ erweitert.

Die ersten operativen Therapien der Spondylolisthese wurden entwickelt, um eine Progression des Wirbelgleitens zu verhindern und die Patienten von ihren chronischen Rückenschmerzen zu befreien. Die vermutlich erste Operation von Lane (83) im Jahre 1893 war eine Laminektomie.

1909 machte Lange den Versuch einer spinalen Stabilisierung, indem er Stahlstücke mit Drähten neben dem Dornfortsatz anlagerte.

Hibbs (59) und Albee (4) führten 1911 unabhängig voneinander die ersten spinalen Fusionen durch. Sie lagerten autologe Tibia zwischen die Dornfortsätze und Bögen benachbarter Wirbel zur Behandlung tuberkulöser Veränderungen an. Über eine Vielzahl von dorsalen Fusionen wurden in den 20er Jahren von Hibbs und Swift (59), George (46), Albee (4), Meyerding (97) und anderen berichtet.

1932 untersuchte Capener (22) die bisherigen Ergebnisse und kam zu dem Schluss, dass die ideale Stabilisierung der Wirbelsäule, welche auch mechanisch effizient sei, die Fixierung des fünften Lendenwirbelkörpers auf dem Sakrum darstelle. Er betonte jedoch, dass eine solche Technik nicht realisiert werden könne. Dennoch berichtete

Burns 1933 (21) über die erste interkorporelle Fusion durch einen anterioren Zugang. Er platzierte ein Tibiainterponat in ein Bohrloch, das durch den fünften Lendenwirbelkörper und den Zwischenwirbelraum bis in das Os sacrum reichte. Jenkins (66) berichtete über einen ähnlichen Fall 1936, Mercer (95) beschrieb zehn und Speed (130) einen weiteren. Diese Methode wurde über ein Jahrzehnt nicht wieder angewendet, bis sie 1948 Harmon (55) wieder aufgriff und in einer seiner Veröffentlichungen als lumbale ventrale Fusionstechnik über einen retroperitonealen Zugang beschrieb.

Die erste posteriore lumbale interkorporelle Fusionstechnik wurde 1943 von Ralph Cloward (27), der als Vater dieses Operationsverfahrens gilt, entwickelt. 1947 präsentierte er bereits ein Follow-up seiner ersten 100 Fälle. Die Fusion wurde unter Zuhilfenahme von Beckenkamminterponaten zunächst zur Behandlung von Bandscheibenvorfällen durchgeführt. In den folgenden Jahren veröffentlichte Jaslow (1946) (65) Berichte über ein abgewandeltes Verfahren mit Verwendung von Knochenspänen, die bei der Dekortizierung der Processus spinosi anfielen. Diese wurden zur zusätzlichen interlaminären Fusionierung angelagert.

Eine weitere Entwicklung stellte die Einführung von intervertebralen Implantaten in den 80er Jahren dar. Um für den Zeitraum der knöchernen Konsolidierung des fusionierten Wirbelsäulensegmentes eine ausreichende Stabilität zu gewährleisten, werden Spongiosaspäne in einen Implantatträger, den sogenannten Cages oder Interspacern, verpackt und in den Zwischenwirbelraum eingebracht. Brantigan und Steffee (15) veröffentlichten ihre ersten Zwei-Jahres-Ergebnisse 1993 bei 26 Patienten die einer instrumentierten posterioren lumbalen interkorporellen Fusion (PLIF) mit Carboncages als Interspacer unterzogen worden waren.

Die Erfindung der Pedikelschraube als solche geht auf D. King (74) zurück, der 1944 eine Technik zur internen Fixierung mittels Facettenverschraubung entwickelte. Eine Verbreitung der bis heute gängigen Verfahren der transpedikulären sagittalen Verschraubung ist den Arbeiten von Roy-Camille zu (118) verdanken. 1970 berichtete er über seine Technik der Plattenosteosynthese unter Verwendung von Pedikelschrauben. Die Weiterentwicklung des modernen Fixateur internes lässt sich auf Dick (30), Magerl (90) und Kluger (75) zurückführen. Hinzu kommen Systeme von Louis, Steffee, Wiltse und Zielke sowie der AO Fixateur interne und das Diapason-System.

Durch die dorsale Instrumentierung wurden die Fusionsraten deutlich verbessert. Es erlaubte eine dosierte sichere Reposition und eine frühere Mobilisation des Patienten (2, 31, 105, 107).

## **2.3 Spondylolisthese: Klassifikation und Messmethoden**

### 2.3.1 Ätiologie und Klassifikation

Die Bezeichnung Spondylolisthese leitet sich aus den griechischen Wörtern Spondylos für Wirbel und Olisthesis für Gleiten ab. Sie beschreibt also jenen Mechanismus, bei dem ein Wirbelkörper mit seinen Gelenk- und Querfortsätzen gegenüber dem angrenzenden Wirbel nach ventral oder seltener auch nach dorsal abgleitet. Dies kann als Folge einer Spondylolyse - also einer Unterbrechung der Interartikularportion eines Wirbelbogens – oder durch degenerative Veränderungen verursacht werden. Definitionsgemäß wird beim Vorhandensein einer Spondylolyse von einer Spondylolisthese gesprochen und beim Gleiten des gesamten Wirbels infolge degenerativer Veränderungen der durch Junghanns (70) geprägte Begriff der Pseudospondylolisthese verwendet. Am häufigsten wird ein Wirbelgleiten im Bereich des lumbosakralen Übergangs zwischen LWK 5 und SWK 1 sowie zwischen LWK 4 und 5 beobachtet. Es findet sich seltener in den höheren Etagen der Wirbelsäule.

Nach der gängigen Einteilung der Spondylolisthese durch Newmann und Stone 1963 (101), modifiziert nach Wiltse und Rothmann 1989 (151), unterscheidet man sechs Formen der Spondylolisthese mit verschiedenen Subtypen:

- Typ I: Dysplastische Form (b)
- Typ II: Isthmische Form (c)
- Typ III: Degenerative Form (d)
- Typ IV: Posttraumatische Form (e)
- Typ V: Pathologische Form (f)
- Typ VI: Postoperative Form

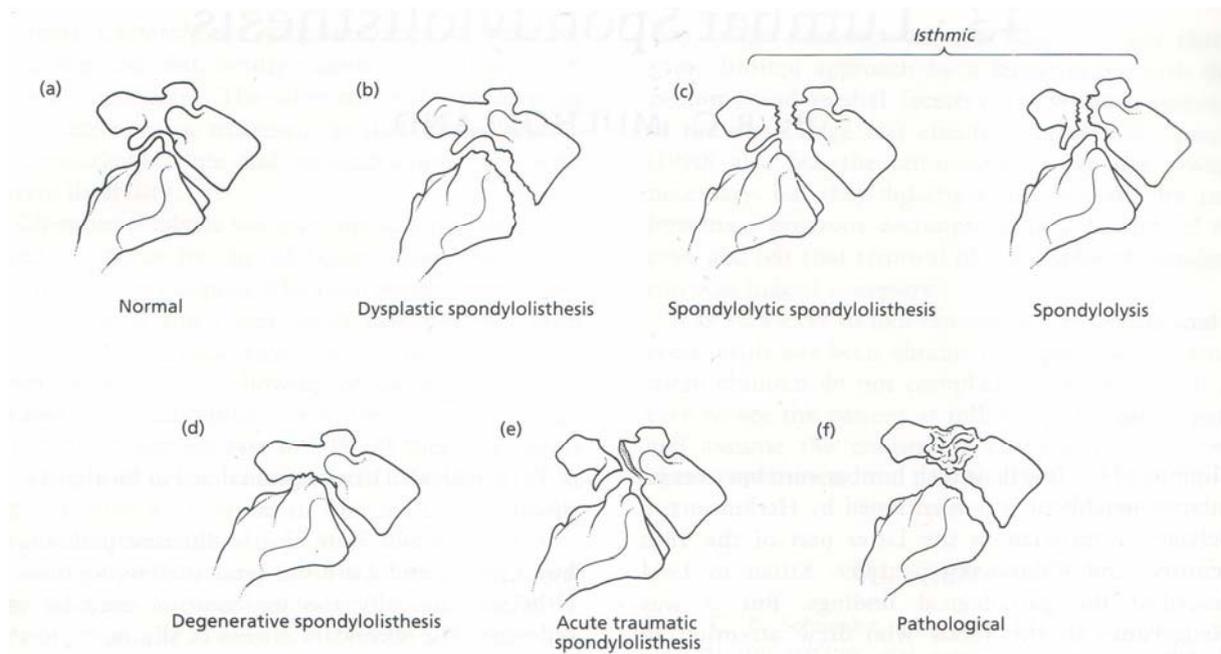


Abb. 4: Die Klassifikation der lumbalen Spondylolisthese. Modifiziert von Wiltse et al. (1976) (aus: 149)

### I. Der dysplastische Typ

Diese Form der Spondylolisthese entsteht als einzige auf dem Boden einer angeborenen Anomalie und kommt ausschließlich im Bereich des fünften Lendenwirbelkörpers vor. Sie ist durch eine Gefügestörung mit verminderter Belastbarkeit des lumbosakralen Übergangs charakterisiert. Es werden zwei Subtypen unterschieden.

Subtyp A: Es handelt sich hierbei um eine Veränderung der kleinen lumbosakralen Gelenke, welche vermehrt axial ausgerichtet sind. Diese sind nicht in der Lage, den Vorwärtsschub des Wirbelkörpers aufzuhalten. Häufig tritt diese Form zusammen mit einer Spina bifida auf.

Subtyp B: Die kleinen Wirbelgelenke sind vorwiegend sagittal ausgerichtet. Zusammen mit einer stark elongierten Pars interarticularis kann daraus eine schmerzlose Olisthese resultieren. Diese ist häufig von neurologischen Störungen, wie dem Cauda-equina-Syndrom oder dem S1-Syndrom begleitet. Bereits im Kindesalter kann es zu einer Progression des Gleitprozesses bis zu hochgradigen Spondylolisthesen kommen.

## II. Der isthmische Typ

Die isthmische Spondylolisthese entsteht im Wesentlichen durch eine bilaterale Unterbrechung im Bereich der Pars interarticularis mit nachfolgendem Vorwärtsgleiten des Wirbelkörpers. Es erfolgt eine Einteilung in drei Subtypen:

### 1. der lytische Defekt:

Bei dieser auch als „echte“ Spondylolisthese bezeichneten Form kommt es zu einem Abgleiten eines Wirbels durch Auftreten einer Spondylolyse, d.h. einer Unterbrechung der Interartikularportion eines Wirbelbogens. Sie ist stets erworben und liegt keinen dysplastischen Veränderungen der Wirbelkörper zugrunde. Nach Engelhart (38) zeigt sich eine ansteigende Häufigkeit von LWK 3 bis LWK 5 (1%, 16%, 83%).

Die Inzidenz der Spondylolyse, auf deren Boden sich eine lytische Spondylolisthese entwickeln kann, liegt in der Bevölkerung bei 4% im Kindesalter und 5-6% im Erwachsenenalter. Bei dieser Verteilung fällt auf, dass bereits bis zum sechsten Lebensjahr eine Häufigkeit von 4% zu registrieren ist, welche bis zum Erwachsenenalter nur um weitere 1-2% ansteigt (44). Nach Niethard (102) lässt sich daher auch eine Form der infantilen Spondylolyse von einer erwachsenen unterscheiden. Dabei soll die adolescente Form weniger zu einem Gleitvorgang neigen und eine bessere Prognose zeigen als die juvenile Spondylolisthese.

Des Weiteren spielen auch lokale und ethnische Faktoren beim Auftreten einer Spondylolyse eine gewisse Rolle. Am häufigsten wurde das Auftreten einer Spondylolyse bei kanadischen Eskimos mit 20-40% gefunden, am seltensten bei einigen schwarzafrikanischen Volksstämmen (133).

Auch bei Hochleistungssportlern bestimmter Sportarten ließ sich eine besondere Häufung von Spondylolysen nachweisen (10). Hier wurden Disziplinen mit ausgeprägten Stoß- und Sprungbelastungen untersucht. Konermann (76) fand bei seiner Untersuchung von ehemaligen Kunstturnerinnen eine Spondylolyse-Rate von 42%, und Groher (51) fand bei Turmspringern eine erhöhte Inzidenz von 29%. Diese Beobachtung stimmt mit der Auffassung einer Mehrzahl der Autoren überein, welche die Entstehung der Spondylolyse auf exogene Faktoren zurückführen.

Grob zusammengefasst, bilden sich, die Ätiologie der lytischen Spondylolisthese betreffend, zwei Meinungslager heraus. Zum einen wird von einer entwicklungsbedingten Dysplasie ausgegangen. Im weiteren Verlauf kommt es hierdurch zu Störungen im Ossifikationsmuster der Interartikularportion, auf deren Boden sich die Lysezonen und die daraus resultierenden Olisthesen entwickeln. Diese kongenitale Theorie wird von der anderen Gruppe abgelehnt, welche die Annahme einer traumatischen Genese bevorzugt.

## 2. Elongation der Pars interarticularis :

Dieser Subtyp wird auf eine ein- oder mehrfach verheilte Stressfraktur zurückgeführt. Die Pars interarticularis ist somit sekundär intakt, der seitliche Wirbelbogen jedoch verlängert. Nur bei einem beidseitigen Vorliegen dieses Phänomens kommt es zu einem Gleitvorgang nach ventral.

## 3. Fraktur der Pars interarticularis

Selten treten als Folge eines schweren Traumas der lumbalen Wirbelsäule isolierte symmetrische Frakturen im Bereich der Interartikularportion auf. Diese akut aufgetretenen isolierten Frakturen, die eine Ventralverschiebung des Wirbelbogens nach sich ziehen, werden als traumatische Spondylolisthesen bezeichnet. Abzugrenzen hiervon sind Ermüdungsfrakturen. Kongenitale Faktoren spielen bei diesem Subtyp nach Wiltse (149) keine Rolle.

## III. Der degenerative Typ

Bei der degenerativen Spondylolisthese handelt es sich um ein Gleiten eines Wirbelkörpers nach ventral auf dem Boden verschleißbedingter Veränderungen des angrenzenden Zwischenwirbelraumes und der Zwischenwirbelgelenke. Junghanns (69) beschrieb diese Form 1929 erstmals als Pseudospondylolisthesis. Macnab (89) verwendete dafür später die Bezeichnung „Spondylolisthese mit einer intakten Interartikularportion“.

Im Gegensatz zur isthmischen Form der Spondylolisthese spielt sich die Pathologie bei diesem Typ im Bereich der kleinen Facettengelenke und nicht in der Pars interarticularis ab. Kennzeichnend ist die progrediente Degeneration der Bandscheibe und die degenerative Arthrose der Wirbelgelenkfacetten. Es handelt sich hier um eine pathologische Instabilität eines gesamten Bewegungssegmentes ohne das Auftreten eines Spondylolysespaltes oder dem Nachweis eines Lyseprozesses in der Pars interarticularis. Farfan (41) erklärt die Entstehung eines Gleitprozesses mit dem Auftreten von multiplen Mikrofrakturen der unteren Gelenkfortsätze auf dem Boden einer chronischen rotatorischen Fehlbelastung bei fortschreitender Discusdegeneration. Durch Mikrotraumen und ständiges Remodeling im Gelenkbereich kommt es schließlich zu einer Vergrößerung des Winkels zwischen Wirbelbogenwurzel und der Achse der unteren Gelenkfortsätze, welche den ventralen Gleitprozess ermöglicht.

Im weiteren Verlauf kann das Auftreten von arthrotischen Veränderungen, die Verminderung des Zwischenwirbelraumes, die Verschiebung des Wirbels zusammen mit der Tonusverminderung der Ligamenta flava, häufig in die Entwicklung einer Spinalkanalstenose einmünden. Zum anderen kann es zu einer Kompression der den Spinalkanal verlassenden Nervenwurzeln im Bereich des Neuroforamens kommen. Die degenerative Spondylolisthese geht regelhaft mit anderen degenerativen Veränderungen der Lendenwirbelsäule einher.

Dieses Phänomen betrifft vorwiegend das Segment LWK 4/5 und tritt gehäuft mit einer Sakralisation des fünften Lendenwirbelkörpers auf (vierfach im Vergleich zur Allgemeinbevölkerung). Frauen sind im Verhältnis 4:1 häufiger betroffen als Männer. Die Prävalenz unter Diabetikern ist vierfach erhöht (149).

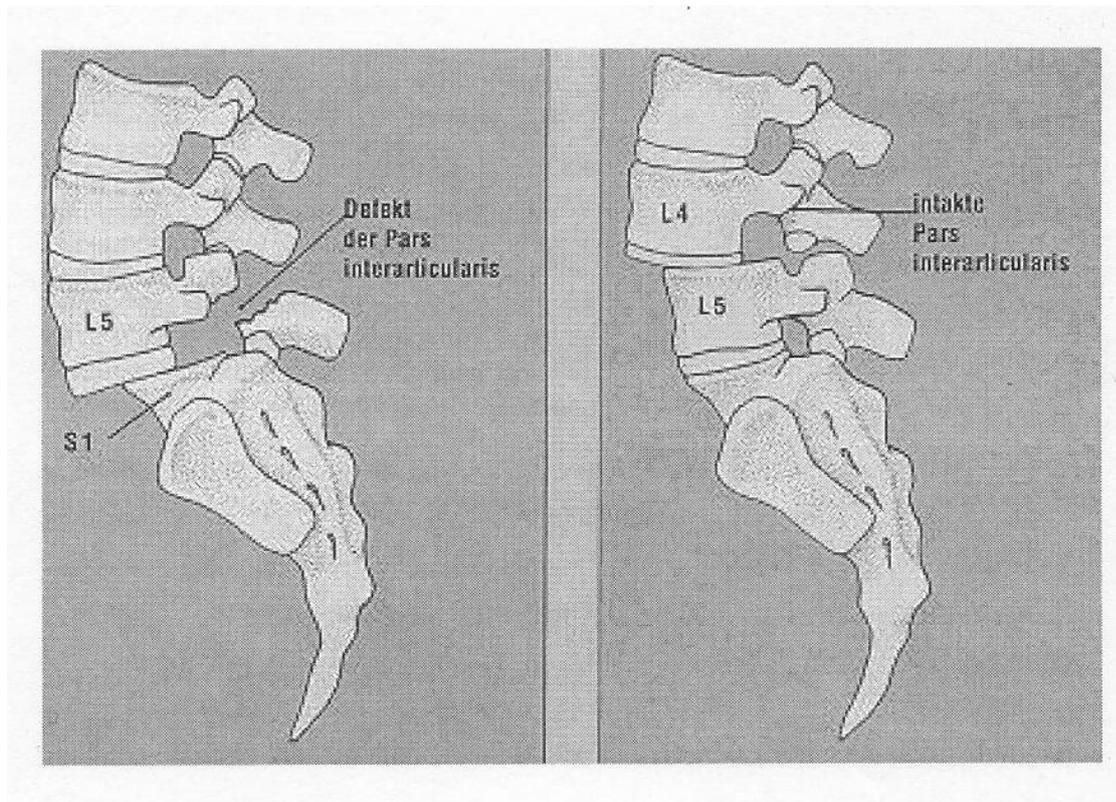


Abb. 5: Vergleich lytische, „wahre“ Spondylolisthese und Pseudospondylolisthese (aus: 50)

#### IV. Der posttraumatische Typ

Dieser Typ der Spondylolisthese entsteht sekundär durch ein akutes Trauma mit einer Fraktur außerhalb der Pars interarticularis. Sie resultiert immer aus einem akuten Trauma. So kann eine Fraktur des Pedikels zu einem ventralen Gleitvorgang führen.

#### V. Der pathologische Typ

Durch eine pathologisch veränderte Knochenmatrix ist die Festigkeit des Knochens vermindert. Unter Belastung kann es zu Frakturen und als deren Folge zu einem Vorwärtsschub des betroffenen Wirbels kommen. Dies wird durch eine lokale oder generalisierte Knochenerkrankung verursacht und führt zu einer Lyse oder Elongation der Pars interarticularis. Es werden bezogen auf die Grunderkrankung zwei Subtypen unterschieden:

### 1. der generalisierte Typ:

Die Spondylolisthese entwickelt sich im Rahmen einer systemischen Knochenerkrankung, wie zum Beispiel der Osteopetrose, dem Hyperparathyreodismus, der Osteogenesis imperfecta oder dem M. Paget.

### 2. der lokale Typ:

Eine solche lokale Knochendestruktion kann durch Tumore, Metastasen oder Infektionen verursacht werden.

## VI. Der postoperative Typ

Postoperative Spondylolisthesen treten als Folge von Wirbelsäulenoperationen auf. Ausgedehnte Dekompressionen mit teilweiser oder vollständiger Laminektomie münden in eine Instabilität des Bewegungssegmentes und können Ursache einer Spondylolisthese sein.

### 2.3.2 Messmethoden

In der Literatur wird eine Vielzahl an Methoden zur Bestimmung der Ausprägung der Spondylolisthese vorgestellt.

Wiltse und Winter (150) haben in ihrem 1983 veröffentlichten Artikel „Die Terminologie und Meßmethoden der Spondylolisthese “ einige wichtige Messverfahren zur Beurteilung dieses Krankheitsbildes zusammengetragen. Dabei legen sie ihren Schwerpunkt auf die Ausmessung der Gleitstrecke, des Gleitwinkels, der Lendenlordose sowie der Inklination des Os sacrum. Ferner beurteilen sie die Ausprägung der Rundung der kranialen Sacralbasis. Die Messungen werden jeweils an konventionellen Röntgenaufnahmen in der Sagittalebene durchgeführt. Saraste et al. (120) heben in ihren Veröffentlichungen hervor, dass sich die Messung der Gleitstrecke und der Lendenlordose besonders für Reihenuntersuchungen eignen, da in ihren eigenen Studien nur geringe, statistisch zu vernachlässigende Fehler auftraten.

## 1. Gleitstrecke:

Das im klinischen Alltag am häufigsten angewandte Verfahren ist die Bestimmung des Ausmaßes der Gleitstrecke (slip) der Spondylolisthese. Es haben sich im Wesentlichen zwei Messmethoden etabliert. Nach Meyerding werden vier Gleitgrade unterschieden. Hierbei wird die Verschiebung der Wirbelkörper zueinander zur Komplettverschiebung geviertelt. Eine Spondylolisthese ersten Grades nach Meyerding ist demnach die Ventralbewegung um ein Viertel des Wirbelkörpers. Eine Spondylolisthese vierten Grades ist die komplette Ventralisation des Wirbelkörpers zum darunter liegenden.

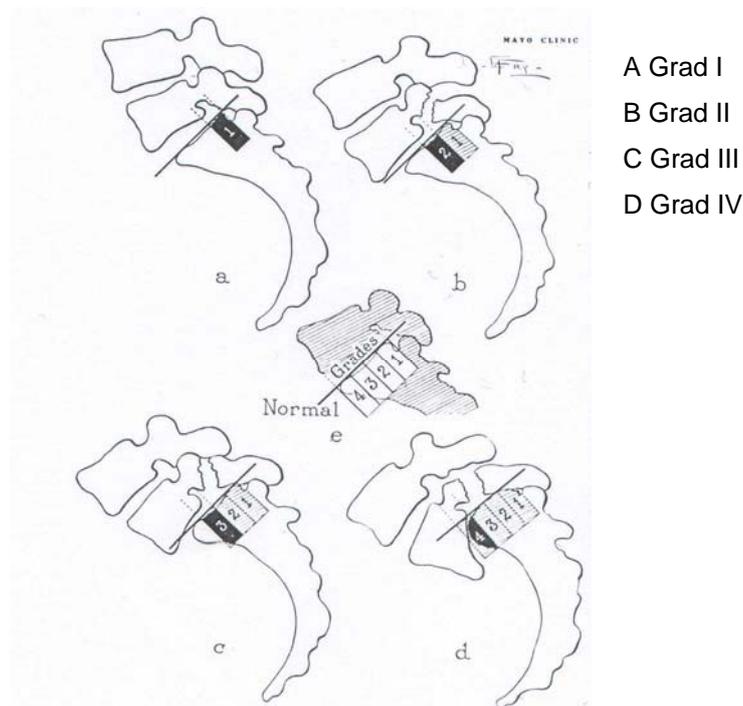


Abb. 6: Spondylolisthese: Einteilung nach Meyerding ( Originalskizze) (aus: 97)

Eine weitere Methode entwickelte Taillard 1954 (137). Er misst den Grad der Listhese als Prozentsatz der Hinterkantenversetzung im Verhältnis zum a.-p.-Durchmesser des kaudal gelegenen Wirbelkörpers.

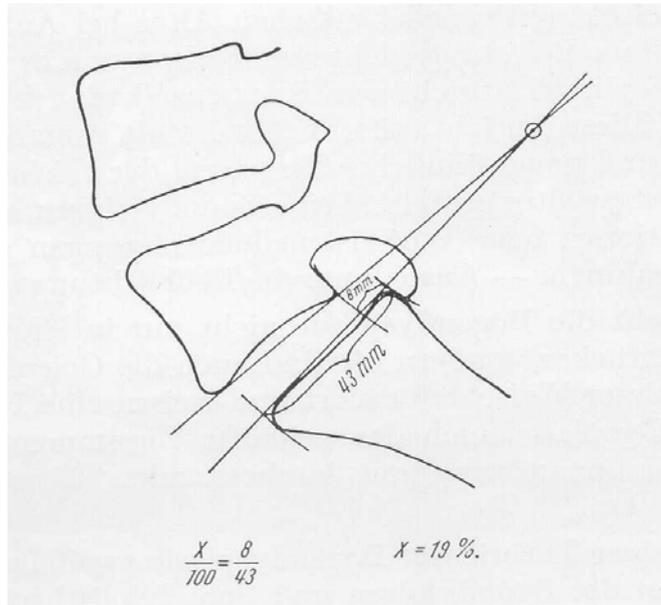


Abb. 7: Messung der Wirbelverschiebung nach Taillard (aus: 137)

## 2. Gleitwinkel:

Boxall et al. (13) entwickelte eine Methode zur Ausmessung der Winkelbeziehung zwischen dem Gleitwirbel und der Gleitbasis (slip-angle). Bestimmt wird sie zwischen einer parallelen Linie zur Grundplatte vom fünften LWK und einer Linie im rechten Winkel zur Hinterkante der Sakralbasis.

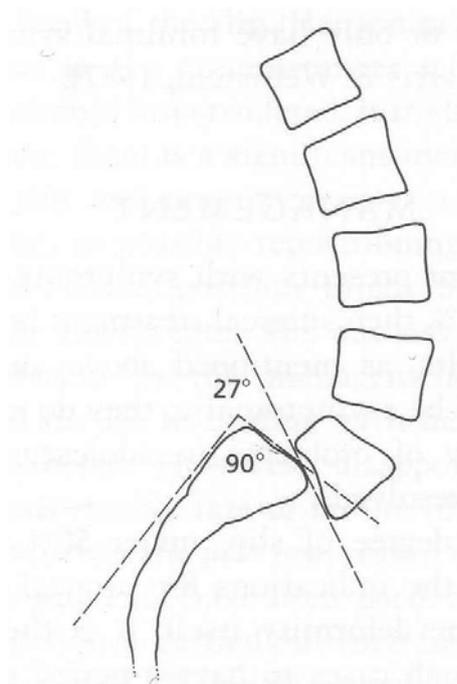


Abb. 8: Gleitwinkel nach Boxall (aus: 13)

### 3. Lendenlordose:

Zur Ermittlung der Lendenlordose verwenden Wiltse und Winter eine (150) von ihnen entwickelte Methode. Zunächst werden die Tangenten an die Deckplatten vom ersten und fünften LWK angelegt und von diesen das Lot gefällt. Die Gradzahl der Lendenlordose ergibt sich dann als Winkelbeziehung zwischen den beiden Senkrechten.

Das Ausmaß und die Verstärkung der Lordose, als Kompensationsmechanismus auf die zunehmende Kyphosierung bei der ventralen Abkipfung des Gleitwirbels gibt Hinweise auf die Progredienz des Gleitvorganges. Da bei der Liegendeaufnahme die Lordose gestreckt wird, sollte um Verfälschungen des Ausmaßes zu vermeiden, eine Aufnahme im Stehen erfolgen.

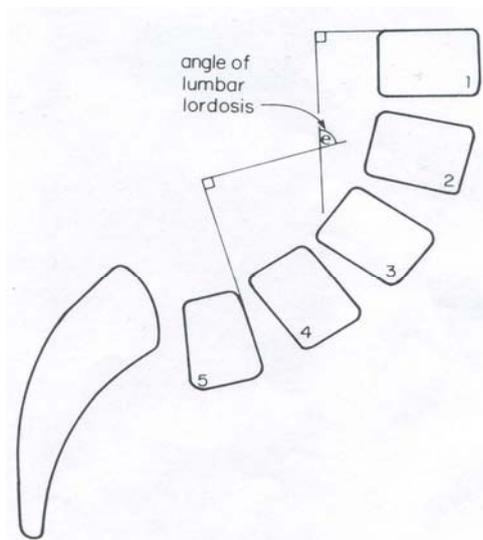


Abb. 9: Bestimmung der Lendenlordose nach Wiltse und Winter (aus: 150)

### 4. Sakrale Inklination

Nach Boxall wird (13) die Neigung des Os sacrum (sacral tilt) gemessen als der Winkel im Verlauf der Hinterkante vom ersten SWK zur Vertikalen bei stehenden streng seitlich geröngten Patienten. Mit zunehmender Spondylolisthese nähert sich die Ausrichtung des Os sacrum der Vertikalen und der Winkel der sakralen Inklination wird kleiner.

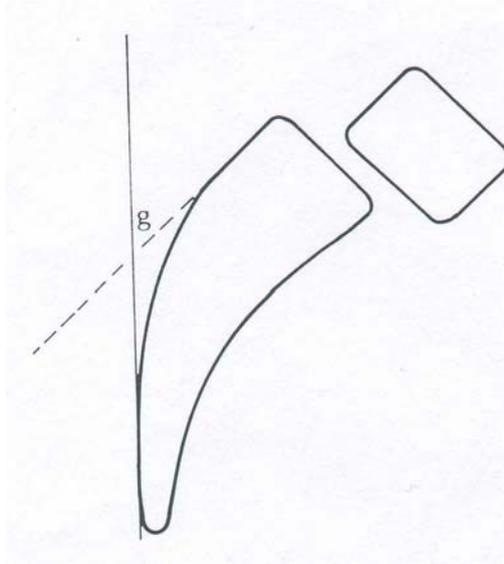


Abb. 10: Messung der sakralen Inklination nach Wiltse und Winter (aus: 150)

## **2.4 Klinik und Diagnostik**

### 2.4.1 Symptomatik und körperliche Untersuchungsbefunde

Viele Patienten mit Spondylolisthesen und Spondylolysen haben keine Beschwerden. Nur in etwa 10% der Fälle werden Patienten mit einer nachweisbaren Spondylolisthese symptomatisch und bedürfen einer ärztlichen Behandlung. Die klinische Symptomatik beginnt meist wesentlich später als die pathologischen Veränderungen. Sie korreliert auch nicht mit deren Ausmaß, wie Matsunaga (93) in einer Beurteilung von 40 Patienten mit degenerativer Spondylolisthese aufzeigt. Trotz einer Progressionsrate des Gleitvorganges von 30% im Untersuchungszeitraum ergibt sich keine korrelierende Verschlechterung der klinischen Symptomatik, bei dem von ihm untersuchten Patientengut.

Im Gegensatz zu anderen Erkrankungsbildern der lumbalen Wirbelsäule sind Anamnese, subjektives Schmerzempfinden und neurologische Befunde beim Spondylolisthesepatienten eher uncharakteristisch. Häufig findet sich eine über Jahre gehende Rückenschmerzanamnese von wechselnder Intensität. Die anfänglichen Beschwerden sind zunächst eher leicht, beeinträchtigen wenig und treten oft intermitierend mit langen, beschwerdefreien Intervallen auf. Zunächst klagen die Patienten über lumbalgieforme Schmerzen, die auf den Bereich der Lendenwirbelsäule

und das Gesäß beschränkt bleiben. Diese imponieren oft wie das entsprechende Beschwerdebild einer Bandscheibenprotrusion oder eines Prolapses, so dass eine rein klinische Unterscheidung nicht möglich ist.

Die Kyphosierung der Lendenwirbelsäule durch Beugung nach vorne wird in der Regel besser toleriert als eine verstärkte Lordosierung, wie beispielsweise beim Abwärtsgehen, da hierbei der Spinalkanal zusätzlich komprimiert wird. Charakteristisch in der Beschwerdeschilderung ist ferner der sogenannte morgendliche Anlaufschmerz, der dann zunächst nach relativ kurzer Zeit wieder sistiert. Die Patienten geben dann häufig über den Tag wieder zunehmende Beschwerden an, welche besonders durch dynamische Belastungen wie Heben und Bücken und statische Dauerbelastung bei langem Stehen und Sitzen verstärkt auftreten.

Im Verlauf kann der zunächst rein lumbal lokalisierte Schmerz in ein oder beide Beine ausstrahlen. Zunächst stehen pseudoradikuläre Symptome im Vordergrund, eine klassische Dermatomzuordnung ist anfänglich noch nicht möglich. Die Entstehung der ausstrahlenden Schmerzen wird wahrscheinlich durch eine Einengung des Duralsackes infolge der Verschiebung der Wirbel und eine dadurch bedingte Wurzelreizung oder -kompression hervorgerufen. Neben den Rücken- und Beinschmerzen können im weiteren Krankheitsverlauf auch sensible und motorische Ausfallerscheinungen hinzukommen.

Bei einer echten Kompression der Nervenwurzel kommt es zu dermatombezogenen radikulären Schmerzausstrahlungen. Wird die Spondylolisthese von einer Einengung des Spinalkanales begleitet, wie typischerweise bei der degenerativen Form, führt dies, je nach deren Ausmaß, zu einer schmerzhaft bedingten meist zunehmenden Einschränkung der Gehstrecke, der „Claudicatio intermittens spinalis“. Es kann zu Paresen bestimmter Muskelgruppen, Sphinkterstörungen und Impotenzerscheinungen bei Männern kommen. Das Laségue-Zeichen ist bei Wurzelkompression radikulär positiv. Im Spätstadium können Muskelatrophien auftreten.

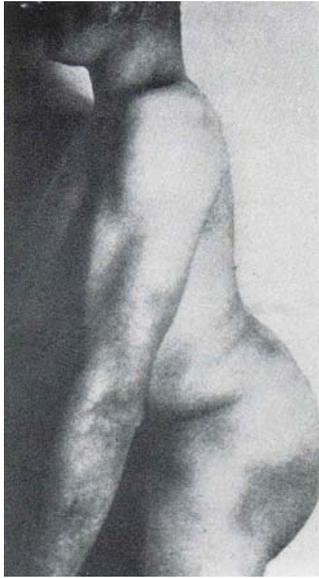


Abb.11: Pat. Mit hochgradiger Spondylolisthese (aus 152)

Erst bei hochgradigen Spondylolisthesen über 50% können Haltungsveränderungen auftreten. Es kommt zu einer Aufrichtung des Beckens, das nun nicht mehr 10-15° nach vorne geneigt ist, sondern flachgestellt oder nach hinten gerichtet. Infolgedessen steht der Patient mit leicht gebeugten Knien. Die lokale lumbosakrale Kyphose wird durch eine zunehmende Lordosierung in den höher gelegenen Wirbelsäulensegmenten kompensiert. Daraus resultiert schließlich die Unfähigkeit, Hüft- und Kniegelenke im Stand zu strecken bis hin zur vollständigen Hüftlendenstrecksteife. Bei vollständigem Abgleiten des 5. Lendenwirbelkörpers (Spondyloptose) findet sich eine Verkürzung des Körperstammes und eine quere Bauchfalte.

#### 2.4.2 Bildgebende Verfahren

##### Konventionelle Röntgenaufnahmen:

Zur Beurteilung des Ausmaßes und des Verlaufes der Spondylolisthese sind Nativröntgenbilder der Lendenwirbelsäule unabdingbar. Die Diagnose und Einteilung dieses Krankheitsbildes beruhen im Wesentlichen auf dem radiologischen Nachweis, da die Symptomatik der Patienten oft sehr unterschiedlich geschildert wird und eine Abgrenzung zu Rückenbeschwerden anderer Genese durch die klinische Untersuchung nicht sicher möglich ist.

Durch eine Standardaufnahme im antero-posterioren Strahlengang sowie im lateralen Profil erhält man eine vergleichbare Übersicht zur Beurteilung des Schweregrades des Gleitvorganges. Die Profilaufnahme der Lendenwirbelsäule sollte dabei im streng seitlichen Strahlengang und am stehenden Patienten durchgeführt werden. Insbesondere die quantitative Einteilung des Gleitgrades kann bereits durch eine geringe axiale Rotationsabweichung des Patienten zu signifikanten Messfehlern führen. So zeigten Löwe und Eysel 1996 (87) in einer Untersuchung, dass bereits bei einer

Abweichung von 10 bis 15° vom streng seitlichen Strahlengang eine Zunahme der Dislokation von vier Millimetern zu verzeichnen ist. Sie erklären diese scheinbare Zunahme der Gleitstrecke mit der elliptischen Form der Lendenwirbelkörper, die bei der Rotation eine Fehlprojektion nach sich ziehen.

Des Weiteren erhält der Untersucher im Nativröntgenbild wichtige Informationen über degenerative und kongenitale Veränderungen, Frakturen, Osteoporose, Wirbelfehlbildungen, Sakralisation und Lumbalisation, entzündliche und tumoröse Veränderungen.

Auf einer zusätzlichen 45° Schrägaufnahme kann die Lysezone beim Verdacht auf eine lythische Spondylolisthese nachgewiesen werden. Hierbei kommt die Interartikularportion orthograd zur Darstellung. Dornfortsatz, Wirbelbogen und Bogenwurzel bilden dabei eine Hundefigur, bei der die Lysezone als Hundehalsband zu erkennen ist. Die Aufnahme wird am liegenden Patienten durchgeführt, um einen exakt orthograden Strahlengang zu erhalten. (Siehe Abb.12)

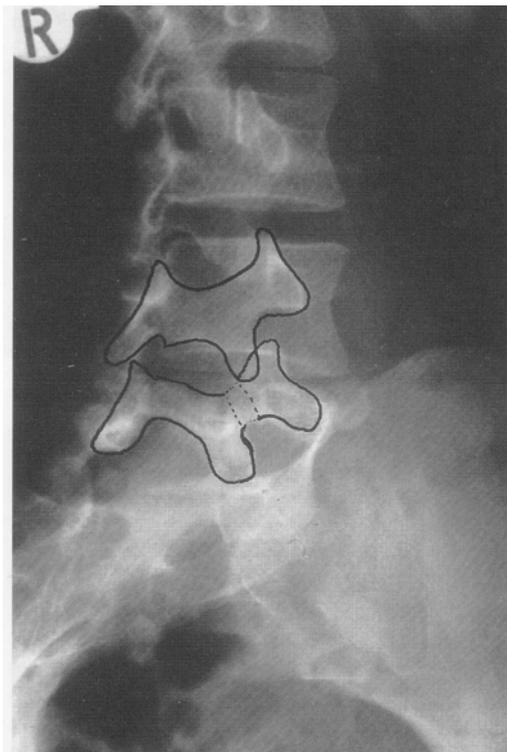


Abb.12: Schrägaufnahmen mit schematisierten Hundefiguren. Als Hinweis für eine Spondylolyse „trägt der untere Hund ein „Halsband“ (aus 152)

Funktionsaufnahmen in maximaler In- und Reklination erlauben eine grobe Einschätzung der segmentalen Beweglichkeit. Gefügelockerungen können so besser erkannt werden.

Postoperativ gibt die konventionelle Röntgenaufnahme Aufschluss über Lage und Stellung des Osteosynthesematerials sowie über das Ausmaß der Korrektur des Spondylolisthesegrades. Die Beurteilung der Fusionsrate ist insbesondere bei der Verwendung von Metallcages eingeschränkt (33).

Brantigan, Steffee et al. (15) veröffentlichten in einer 1993 erschienenen Verlaufsstudie über 26 Patienten, die einer PLIF mit der Implantation von Carbon-Cages unterzogen worden waren, eine Einteilung zur Klassifizierung der verschiedenen Fusionsgrade. Sie unterscheiden 5 verschiedene radiologische Befunde zur Beurteilung der Fusion wie folgt:

- a) sichere Pseudarthrose:
- b) wahrscheinliche Pseudarthrose
- c) unsicherer Befund
- d) wahrscheinliche Fusion
- e) sichere Fusion

zu a) Zusammenbruch der Konstruktion, Minderung der Höhe des Zwischenwirbelaumes, Gleiten des Wirbels, Schraubenbruch, Dislokation der Cages, Resorption des Knochentransplantates.

zu b) signifikante Resorption des Knochentransplantates, verstärkte Transparenz oder sichtbare Unterbrechung in der Fusionsebene (> 2mm um den Bereich des gesamten Knochentransplantates).

zu c) sichtbares Transplantat in der Fusionsebene, in etwa der Dichte wie unmittelbar nach der Operation nachgewiesen; ein schmaler Aufhellungssaum oder eine Unterbrechung kann sichtbar sein, umfasst aber nur einen kleinen Teil des Fusionsbereiches; mindestens die Hälfte des Knochentransplantates zeigt keinen Aufhellungssaum zwischen Transplantat und Wirbelknochen.

zu d) Knochenbrücken im gesamten Fusionsbereich und mindestens gleiche Knochendichte wie unmittelbar nach der Operation; keine Aufhellungszonen zwischen Knochentransplantat und Wirbelknochen.

zu e) der Knochen in der Fusionsebene ist röntgenologisch dichter und fester im Vergleich zur Dichte, die direkt nach der Operation nachgewiesen wurde; bestenfalls ist kein Übergang zwischen Knochentransplantat und Wirbelknochen mehr sichtbar; dennoch weist ein Sklerosesaum zwischen beiden auch auf eine gute Fusion hin.

## Computertomographie und Magnetresonanztomographie:

Im konventionellen Röntgenbild sind die genauen anatomischen Beziehungen zwischen Wirbelkanal, Bandscheibe und neuralen Strukturen schwer oder gar nicht zu bestimmen. Hier können nur axialtomographische Schnitte der CT oder MRT eine genaue Auflösung bieten. Es wird in axialer Schichtführung parallel zu den Intervertebrärräumen in maximal drei Millimetern geschichtet.

Die Darstellung des Spinalkanalquerschnittes ermöglicht eine überlagerungsfreie Aufdeckung von ossär und bindegewebig bedingten Spinalkanalstenosen. Degenerativ osteophytäre Veränderungen lassen sich von Bandscheibensequestern und Ligamenten abgrenzen. Das gleiche gilt für Kompressionserscheinungen in den Recessus und Wurzelkanälen. Eine noch genauere Abgrenzung der neuralen Strukturen besonders im Bereich einer Stenose erzielt man durch die Applikation eines intrathekalen Kontrastmittels.

Länge und Durchmesser der Pedikel sowie die Stellung und Form der kleinen Wirbelgelenke lassen sich mit CT-Bildern gut beurteilen. Ferner ist die Lysezone im Bereich der Pars interarticularis genau darstellbar. (Siehe Abb. 13)



Abb. 13: Computertomographie mit Darstellung des beidseitigen Lysespaltes LWK 5 (aus152)

Schwierigkeiten entstehen allerdings bei der Differenzierung von Strukturen mit ähnlichen Dichtewerten. Hier ist die Aussagekraft der CT deutlich eingeschränkt, wie

zum Beispiel bei der postoperativen Unterscheidung von Narben oder Bandscheibengewebe.

Im Wesentlichen gelten die oben ausgeführten Untersuchungskriterien auch für die Magnetresonanztomographie (MRT). Einer der Vorteile der MRT besteht gegenüber der Röntgenaufnahme und der CT in der Gesamtübersicht der lumbalen Wirbelsäule in multiplaner Schichtführung und der fehlenden Strahlenbelastung. Da die MRT jedoch ein sehr kosten- und zeitaufwendiges Verfahren darstellt, welches auch nicht überall verfügbar ist, sollte ihr Einsatz speziellen Fragestellungen vorbehalten sein und nicht routinemäßig in der Primärdiagnostik der Spondylolisthese angewendet werden.

Sehr aussagekräftig ist die MRT bei der Beurteilung und Darstellungen von Weichteilen. Hier kommt ihr beispielsweise eine wichtige Rolle bei der postoperativen Differenzierung von Narben und Bandscheibengewebe sowie allgemein der Beurteilung von intraduralen Veränderungen zu.

Für die Beurteilung knöcherner Defekte ist sie jedoch, trotz immer wieder verbesserter Sequenzen, der CT noch unterlegen.

### Myelographie:

Die Myelographie tritt auf Grund von diagnostischen Verfahren wie CT und MRT zunehmend in den Hintergrund. Sie hat jedoch den Vorteil der übersichtlichen Darstellung mehrerer Wirbeltagen. Insbesondere bei Patienten mit motorischen Ausfällen, wie zum Beispiel Fußheberpareesen, kann die lumbale Myelographie Aufschluss über Ursache und genaue Höhe geben. Liegt ein mehrsegmentaler Befund vor, ist die Zuordnung zur klinischen Symptomatik mit Hilfe der Myelographie aussagekräftiger als im MRT-Bild.

Ferner besteht die Möglichkeit einer myelographischen Funktionsuntersuchung. Dabei können Auswirkungen von verschiedenen Bewegungen, zum Beispiel In- und Reklination, auf nervale Strukturen wie den Duralsack und Nervenwurzeln festgehalten werden.

Nachteile der Myelographie liegen in der Invasivität der Methode und den sich daraus ergebenden Risiken. Zur Durchführung wird über eine Lumbalpunktion wasserlösliches Kontrastmittel appliziert. Anschließend werden vier Röntgenaufnahmen in

verschiedenen Ebenen angefertigt. Als mögliche Komplikationen sind die Infektionsgefahr, allergische Kontrastmittelreaktionen und die mögliche Verletzung nervaler Strukturen bei der Punktion zu berücksichtigen.

## **2.5 Therapie der Spondylolisthese**

### 2.5.1 Konservative Behandlungsmethoden

Die Notwendigkeit oder Art der Behandlung einer Spondylolyse oder Spondylolisthese sind vom Alter des Patienten, dem Beschwerdeausmaß und der Progredienz des Gleitvorganges abhängig. Prinzipiell sollte vor einem operativen Eingriff an erster Stelle immer ein konservativer Therapieversuch stehen. Dieses richtet sich an alle Patienten mit einer symptomatischen, leichtgradigen Spondylolisthese aller Genesen ohne schwere neurologische Ausfallerscheinungen.

Die konservative Therapie sollte zum einen verschiedene Therapieansätze umfassen und zum anderen von ausreichender Dauer über mehrere Monate durchgeführt werden. In der akuten Phase steht zunächst die Immobilisation und Analgesie im Vordergrund. Häufig wird eine Teilimmobilisierung über einige Wochen mit einem Kunststoffstützmieder angestrebt. Für eine mittlere bis starke Wirkungsweise im Sinne einer Fixation, Redression und Reklination der lumbosacralen Wirbelsäulensegmente bietet sich das Rumpf-Orthesen-System Boston, das Boston-Overlap-Brace (BOB) an. Dieses wirkt entlastend und schmerzlindernd, die statisch verspannte lumbosakrale Muskulatur kann sich durch die passive Aufrichtung der Lendenwirbelsäule entspannen.

Die Schwerpunkte der folgenden konservativen Behandlung stellen eine Fortführung der adäquaten Schmerztherapie mit nicht-steroidalen Antiphlogistika, Analgetika und ggf. muskelrelaxierenden Präparaten dar. Dies dient zur Unterstützung der wichtigsten konservativen Therapieform, der Kräftigung der wirbelsäulenstabilisierenden Bauch- und Rückenmuskulatur. Aktives Bewegungstraining und isometrische Übungen sollen der Stabilisierung des Rumpfes dienen. Hinzu kommt ein gezieltes Stretching, vorsichtige Extensionen und Auftrainieren der dorsalen Oberschenkel und Gesäßmuskulatur, um das Programm zu vervollständigen. Bei übergewichtigen Patienten sollte begleitend eine gezielte und kontrollierte Gewichtsreduktion angestrebt werden. Schließlich sollte eine ausführliche Beratung im Sinne einer Rückenschule für

das Alltagsleben erfolgen. Alle weiteren Bereiche der physikalischen Therapie, wie Hydro-, Elektro-, Thermo-therapie, Massagen, Fangopackungen und andere, können ebenfalls zum Einsatz kommen.

Die Vielfalt der möglichen Interventionen ist umfangreich und umfasst das gesamte Gebiet balneophysikalischer Therapiemaßnahmen. Es gibt keine universelle Formel, um die beste Therapiemethode für den jeweiligen Patienten festzulegen. Vielmehr sollte individuell ein konservatives Therapiekonzept mit dem Patienten erarbeitet werden, wobei der bestimmende Faktor jedweder Behandlungsmethode die Motivation des Patienten ist. Auch psychosoziale Aspekte, wie Arbeitsunfähigkeit, ein potentiell es Rentenbegehren, mögliche Behinderungen und nicht zuletzt die Problematik des sekundären Krankheitsgewinnes, sollten mit berücksichtigt und aufgearbeitet werden.

Die Notwendigkeit einer operativen Intervention nach frustraner konservativer Therapie wird für alle Typen der Spondylolisthese bei 10-20% (134) angegeben. Für den Typ IA besteht ein erhöhtes Risiko für eine starke Progression bis hin zu hochgradigen Spondylolisthesen und damit auch eine erhöhte Operationspflichtigkeit.

Für die degenerative Spondylolisthese geben Wiltse und Rothmann (151) eine Operationsnotwendigkeit von 10% an.

## 2.5.2 Operative Behandlungsmethoden

Die operative Behandlung instabiler Wirbelsäulenerkrankungen und –deformitäten hat sich in den letzten 10 bis 15 Jahren erheblich verändert und weiterentwickelt. Jedoch erst, wenn ein umfassender konservativer Therapieversuch fehlschlägt, ist eine operative Intervention zu erwägen. Nach Zippel (155) sind allgemein anerkannte Kriterien zur operativen Behandlung einer Spondylolisthese:

- die permanent und konservativ therapieresistenten Rückenschmerzen mit Funktionseinschränkung,
- ein progredientes Wirbelgleiten und zunehmende Fehlstatik der Wirbelsäule,
- sowie ein intermittierendes oder manifestes neurologisches Defizit.

Die Zielsetzung der operativen Versorgung ist weniger die Korrektur und Reposition der Spondylolisthese, als vielmehr eine deutliche Linderung der präoperativen Schmerzsymptomatik und eine Verhinderung einer weiteren Progression des Gleitvorganges.

Mit jeder neuen Operationsmethode und veröffentlichten Verlaufsstudie mehrte sich auch die Zahl der Kritiker in der Diskussion um Indikation, Methode und Effektivität der einzelnen Operationsverfahren. Mit der wachsenden Vielfalt an technischen und operativen Möglichkeiten der internen Stabilisierung, der verbesserten Fusionsraten und Korrekturverfahren wuchs auch die Liste der Indikationen.

Neben den etablierten Indikationen bei Skoliosen, Frakturen und Tumoren sind nach Hanley (54) heute folgende weitere zu nennen:

Spondylitische (isthmische) Spondylolisthesen

Instabile Spinalkanalstenosen bei

degenerativen Spondylolisthesen und

degenerativen Skoliosen

Segmentale Instabilität degenerativer oder iatrogenen Genese

Bandscheibenbezogene Erkrankungen

Failed back-surgery syndrome

Die Bandbreite der Operationsmethoden zur Behandlung der Spondylolisthese ist vielfältig und entwickelt sich stetig weiter. Sie reicht von neuen minimalinvasiven Verfahren in endoskopischer oder mikrochirurgischer Technik bei geringfügiger Dislokation bis hin zur totalen Vertebrektomie bei starken Dislokationsgraden.

Nach Art und Zielsetzung der Verfahren lassen sich die Operationsmethoden in drei Gruppen klassifizieren: Dazu gehören erstens, die direkte Osteosynthese im Bereich des Pars-Defektes und zweitens die alleinige nervale Dekompression der betroffenen Strukturen. Als dritte große Gruppe sind die Fusionsoperationen zu nennen, welche mit und ohne Reposition oder Instrumentierung erfolgen können. Bei diesen Fusionsoperationen können wiederum drei verschiedene operative Vorgehensweisen unterschieden werden:

- I. die interkorporelle Fusion von dorsal (PLIF)
- II. die interkorporelle Fusion von ventral (ALIF)
- III. kombinierte Operationsverfahren mit ventraler Fusion und dorsaler Instrumentation

Allgemein lässt sich feststellen, dass insbesondere die interkorporellen Fusionsoperationen eine sichere interne Stabilisierung und gegebenenfalls eine Korrektur zum Ziel haben.

Im folgenden seien die wichtigsten Formen der Fusionsoperationen am Beispiel der Lendenwirbelsäule erläutert:

Der ventrale Zugang ALIF (8, 9, 19, 25, 49, 57, 62, 67, 72, 77, 77, 108, 111, 139, 143, 145):

Der Zugang zur anterioren lumbalen interkorporellen Fusion kann über zwei Zugangswege erfolgen: retroperitoneal oder transperitoneal. In den meisten Fällen wird der retroperitoneale Zugang bevorzugt, außer bei höhergradigen Olisthesen, bei denen sich die Darstellung des lumbosacralen Überganges schwieriger gestaltet. Der ventrale Zugang ermöglicht die komplette Ausräumung und Wiederherstellung des Bandscheibenraumes. Die ventrale Verblockung wird daher besonders bei pathologischen Veränderungen der vorderen und mittleren Säule der Wirbelsäule in Betracht gezogen. Zu nennen sind insgesamt drei Arten von Verblockungstechniken: Eine Fusion kann erreicht werden mit breiten kortikosongiösen Blöcken, schmalen ebenfalls kortikospongiösen Spangen oder mit in einem Implantatträger (Cage) verpackten Spongiosaspänen. Meist wird zur Gewinnung des autologen Materials der Beckenkamm herangezogen.

Bei dem ventralen Zugang ist besondere Aufmerksamkeit auf eine stumpfe, muskelspaltende Präparation zu legen, um eine Schädigung der abdominellen Muskulatur, welche eine wichtige Funktion zum Schutz vor rotierenden Kräften innehat, zu minimieren. Des weiteren ist im Verlauf die sorgfältige Darstellung und Mobilisation der iliakalen Gefäße von großer Wichtigkeit. Mögliche Komplikationen umfassen neben zugangsbezogenen Verletzungen intraabdomineller Organe, die Verletzung arterieller und venöser Gefäße. Letzteres stellt die größte Komplikation der ventralen Fusion dar. Baker et al. (8) geben die Wahrscheinlichkeit einer Gefäßverletzung in einer 1993 veröffentlichten Studie mit bis zu 18% an. Weitere Risiken bestehen in der Verletzung des präsakralen Nervenplexus bei männlichen Patienten mit daraus resultierender Impotenz oder retrograder Ejakulation sowie Verletzungen des Harnleiters (62). Khazim et al. (72) berichten in einer 1998 veröffentlichten Studie über postoperativ aufgetretene thrombembolische Verschlüsse der A. iliaca communis.

Im Vergleich zum dorsalen Zugang wird der ventrale Zugang mit einer höheren Pseudarthroserate assoziiert (9, 142, 57). Ein weiterer Nachteil des Zuganges ergibt sich aus der fehlenden Möglichkeit, die dorsal gelegenen neuralen Strukturen zu explorieren. Bei einer zusätzlich angestrebten Instrumentation ist ein zusätzlicher Eingriff von dorsal erforderlich.

Biomechanisch ist durch die ventrale Verblockung eine gute Stabilisierung zu erreichen, wenn es postoperativ zu einer knöchernen Konsolidierung kommt. In der Literatur werden Fusionsraten zwischen 67 und 89% angegeben (42, 142).

Posteriore Zugänge:      a) die posterolaterale Fusion  
                                    b) PLIF

Bei der operativen Versorgung von Spondylolisthesen wird der dorsale Zugang am häufigsten verwendet. Die dorsale Vorgehensweise liefert zum einen die erforderliche Zugänglichkeit und Übersicht zur Dekompression neuraler Strukturen. Zum anderen kann im gleichen Eingriff eine Fusion und Instrumentierung erfolgen. Der dorsale Zugang kann für die postolaterale Fusion oder die posteriore interkorporelle lumbale Fusion (PLIF) verwendet werden.

Die posterolaterale Fusion (86, 91, 113, 132):

Das Operationsprinzip besteht in einer defektübergreifenden Knochenspananlagerung an die dorsalen und lateralen Strukturen der Lendenwirbel. Nach dorsaler Darstellung des zu fusionierenden Segmentes mit oder ohne Dekompression des Spinalkanales werden beidseitig die beteiligten Querfortsätze freigelegt und kortikospongiöser Knochen, zum Beispiel aus dem Bereich des Beckens, zwischen diesen angelagert.

Die Zielsetzung dieser Operationstechnik ist, durch die Fusionierung der hinteren Säule die statische Krafteinwirkung dort vermehrt aufzufangen und somit eine Entlastung der schmerz sensitiven Strukturen zu erreichen.

Der Vorteil dieser Vorgehensweise ist, dass es bei der reinen Fusionsoperation zu keinem Kontakt mit neuronalen Strukturen kommt. Bei einer zusätzlichen Laminektomie ist nur der dorsalseitige Duralsack betroffen und die Verletzungsgefahr von Nerven oder Gefäßen gering.

Nachteilig zeigte sich jedoch die im Vergleich zu PLIF und ALIF deutlich höhere Pseudarthroserate, welche sich auf die dezentrale Fusionierung fernab des Rotations- und Bewegungsmittelpunktes des einzelnen Wirbels zurückführen lässt (6). Einen weiteren Nachteil stellt die Notwendigkeit der zusätzlichen Knochenspanentnahme aus dem Beckenkamm und damit das verbundene erhöhte Infektionsrisiko dar. Postoperativ ist eine strenge Immobilisation zur Unterstützung der knöchernen Durchbauung erforderlich.

b) Die posteriore intercorporelle lumbale Fusion (9, 16, 27, 36, 43, 85, 88, 92, 98, 99, 125, 129, 134, 142):

Bei der intercorporellen Spondylodese durch den dorsalen Zugang kommen die gleichen Implantations- und Verblockungstechniken in Betracht wie bei der ventralen Fusion. Die Freilegung des Zwischenwirbelraumes impliziert hierbei jedoch die dorsale Dekompression des Spinalkanales über eine Laminektomie. Im Falle einer degenerativen Spondylolisthese mit Dekompression der Nervenwurzeln kann zusätzlich eine Facettektomie erfolgen. Nach vollständiger Ausräumung des Bandscheibenfaches bis auf die Deck- und Grundplatten kann ein entsprechendes Interponat, wie Eigenknochen vom Beckenkamm oder Fremdknochen bzw. Cages mit autologer Corticospongiosa gefüllt, eingebracht werden. Um die Instabilität der verblockten Segmente bei alleiniger dorsaler Fusion zu vermeiden, erfolgte in den letzten Jahren eine zusätzliche dorsale Instrumentierung mittels eines Fixateurs interne. Hierdurch ist eine optimale Rekonstruktion der Lordose bei Unversehrtheit der vorderen Längsbänder sowie die sofortige Stabilität der fusionierten Segmente gewährleistet.

Dennoch werden bis heute auch rein dorsale intercorporelle Fusionsoperationen ohne Instrumentierung vorgenommen. In einer 1997 veröffentlichten Studie berichten Ray et al. (114) über gute Resultate bei einem Patientengut, das einer PLIF mit Titan-Cages ohne dorsale Instrumentierung unterzogen wurde.

Der Vorteil einer dorsalen intercorporellen Fusion besteht in der guten Übersicht und der möglichen Exploration der neuralen Strukturen. Es besteht außerdem die Möglichkeit der Dekompression bei degenerativen Veränderungen. Die anterioren Strukturen können nicht verletzt werden. Auf die Eigenknochentransplantate vom Beckenkamm oder Fremdknochen kann beim Einsatz von Cages verzichtet werden, da als Füllmaterial die bei der Laminektomie gewonnenen Knochenteile verwendet werden können. Resultierend aus dem dorsalen Zugangsweg wird das vordere Längsband

erhalten und eine gute Rekonstruktion der Lordose ermöglicht. Bei einer zusätzlichen Instrumentation erfolgt ein einzeitiges Vorgehen und damit verbunden ein geringeres Operationstrauma als bei der ventralen Fusion mit dorsaler Instrumentation.

Komplikationsmöglichkeiten, die sich im Vergleich zu anderen Techniken zeigen, sind auftretende volumenwirksame Blutungen aus den epiduralen Venen. Das Risiko der Nervenverletzungen, dem Auftreten von Durafisteln und epiduraler Narbenbildung ist erhöht (16, 23, 40, 68, 81).

Mardjetko et al. (91) haben für den Zeitraum von 1970 bis 1993 in einer Metaanalyse Literatur zur degenerativen Spondylolisthese der Lendenwirbelsäule und unterschiedlicher Behandlungsmethoden zusammengefasst. Die in der Literatur angegebenen Fusionsraten werden bei der reinen PLIF ohne Instrumentation mit 86% , mit Cages und Instrumentation mit 96% im Durchschnitt angegeben.

Kombinierte dorsoventrale Fusion (79, 110, 112, 113, 119):

Beim kombinierten antero-posterioren Operationsverfahren zur unteren Lendenwirbelsäule wird zunächst eine ALIF über den retroperitonealen Zugang, seltener über den transperitonealen Zugang durchgeführt. Die daraus resultierenden Vor- und Nachteile, wurden dort bereits erläutert. Anschließend wird die ventrale Verblockung von dorsal mittels eines dorsalen Instrumentariums stabilisiert. Dieses Verfahren kann einzeitig in zwei Operationsabschnitten oder zweizeitig erfolgen. Die Nachteile des kombinierten Verfahrens bestehen abgesehen von den zugangsbedingten Komplikationen von dorsal und ventral in dem größeren Operationstrauma und der Zweizeitigkeit des Eingriffes.

Interponate (3, 7, 15, 16, 48, 53, 61, 64, 114, 125, 140, 141

Als Alternative zur Verwendung von reinen Knochenblöcken bei der Spondylodese hat sich vor allem bei der PLIF und ALIF das Einbringen sogenannter Cages bewährt. Es handelt sich hierbei um offene, viereckige Konstruktionen aus Metall oder Kohlefasern. Die derzeit am häufigsten verwendete „open-box-Konfiguration“ bietet einerseits einen stabilen individuell keilförmig gewinkelten Rahmen zur Stabilisation des Zwischenwirbelraumes und genauer Rekonstruktion der Lordose. Zum anderen gewährleisten die offenen Flächen eine ausreichende Kontaktfläche zu den angrenzenden Wirbelkörpern, so dass nach Einbringen von spongiösem Knochenmaterial in den Cage eine knöcherne Fusion erfolgen kann.

Durch diese Eigenschaften sollen folgende Zielsetzungen erreicht werden: andauernde sofortige Stabilität im Bewegungssegment und ausreichender Widerstand gegen einwirkende Scherkräfte, Rekonstruktion der physiologischen Wirbelsäulenkrümmung, Gewährleistung der idealen Voraussetzungen für eine knöcherne Fusion. In einer von Brantigan veröffentlichten Studie zeigte der Autor bei 26 PLIF-Operationen mit Fremdknochen und mit autologer Spongiosa gefüllten Karboncages eine deutlich höhere Fusionsrate auf.

Instrumentation (2, 9, 12, 17, 18, 23, 24, 39, 54, 63, 104, 105, 106)

Verschiedene Studien (9, 12, 18, 31) haben hervorgehoben, dass die größte Stabilität unabhängig von den verschiedenen Cagekonstruktionen mit einer zusätzlichen Instrumentation noch verbessert werden kann. Bei Kompressionstests der lumbalen Wirbelsäule zeigten sich Deckplatteneinbrüche vor dem Versagen der Cages.

Mit der Einführung der Pedikelschraube durch D. King (74) ergab sich die zusätzliche Möglichkeit einer sofortigen Stabilisierung des zu fusionierenden Segmentes und damit der deutlichen Senkung der Pseudarthroserate. Zu Beginn der achtziger Jahre stellten Maggerl (90), Dick (30) und Kluger (75) ihre Weiterentwicklung des modernen Fixateur vor. Mit der dorsalen Instrumentation verbesserten sich die bisherigen Fusionsraten erheblich. Paul Harrington verwandte 1976 als erster Pedikelschrauben zur verbesserten Reposition einer Spondylolisthese (56).

Im Vergleich zu anderen Techniken der dorsalen Instrumentierung bietet die Pedikelverschraubung den Vorteil einer sicheren Fixierung und Stabilisierung der Wirbelsäule trotz eines Verlustes dorsaler Elemente, wie zum Beispiel bei der Laminektomie im Rahmen der Dekompression neuraler Strukturen. Als biomechanisch stärkste Komponente des Wirbels kann über die Verschraubung des Pedikels eine Kontrolle über alle drei Säulen erreicht werden und so eine bestehende Fehlstellung ausgeglichen werden. Verschiedene Autoren (24, 94) belegen in ihren Studien, dass unabhängig von den Operationsmethoden und von Art der Fusionstechnik, die Durchbauungsraten und die Stabilität durch eine Instrumentation mit einem pedikelschrauben gestützten Fixateur intern verbessert werden können. Postoperativ kann eine zügige Mobilisation erfolgen und der Rehabilitationszeitraum erheblich verkürzt werden.

Als Nachteile zeigen sich eine verlängerte Operationszeit und mögliche Komplikationen wie Fehlplatzierung, Materialbruch und -lockerung sowie die erhöhte Gefahr der

Verletzung neuraler Strukturen. Um die Gefahr eine Fehlplatzierung zu vermindern, bedient man sich zunehmend der Neuronavigation. Diese bietet die Möglichkeit, computergestützt über Fixpunkte aus eingelesenen Datensätzen präoperativ durchgeführter Schnittbilder die Pedikelschraube genau zu platzieren.

### **3. Material und Methoden**

#### **3.1 *Patientenkollektiv***

Zwischen Januar 1995 und Dezember 1999 wurden an der Neurochirurgischen Klinik des Universitätsklinikums Benjamin Franklin 125 Patienten wegen einer lytischen, degenerativen oder postoperativen Spondylolisthesis im Lumbalbereich mit einer PLIF-Operation und dorsaler Instrumentation versorgt. Alle 125 Patienten fanden unselektiert Aufnahme in die Studie und wurden zur wiederholten Nachuntersuchung aufgefordert. Im Rahmen der Follow-ups, welche im Mittel nach drei und zehn Monaten stattfanden, wurde den Patienten die Möglichkeit gegeben, sich mittels eines Fragebogens subjektiv über Schmerzen und Funktionsmöglichkeiten zu äußern.

Zu den klinischen und radiologischen Nachuntersuchungen erschienen 88 Patienten (70,4%), durch telefonische Befragung konnten weitere 24 Patienten erfasst werden. 13 Patienten waren unbekannt verzogen oder lehnten eine Nachuntersuchung aus privaten, nicht weiter angeführten Gründen ab.

Klinisch konnten somit 112 Patienten (89,6%) erfasst werden. Die postoperative radiologische Auswertung erfolgte bei 88 (70,4%) Fällen.

#### **3.2 *Diagnose- und Indikationsstellung***

Hinsichtlich der zugrundeliegenden Ätiopathogenese der Wirbelsäuleninstabilität wird auf die Klassifikation von Newmann und Stone 1963, modifiziert nach Wiltse und Rothmann 1989 (151), Bezug genommen. Es erfolgte eine Unterteilung in dysplastische (Typ I), isthmische (Typ II), degenerative (Typ III) und postoperative (Typ VI) Instabilitäten. Der traumatische (Typ IV) und der pathologische Typ (Typ V) sind in dieser Arbeit nicht berücksichtigt worden. Bei dysplastischen Spondylolisthesen wurden bisher keine Cages implantiert.

Von den durch die Studie ausgewerteten Patienten entfielen 65 auf die Diagnose

degenerative Instabilität, 15 Patienten litten unter einer Spondylolisthese vom isthmischen Typ und 32 wurden aufgrund von Voroperationen im gleichen Segment dem postoperativen Typ zugeordnet.

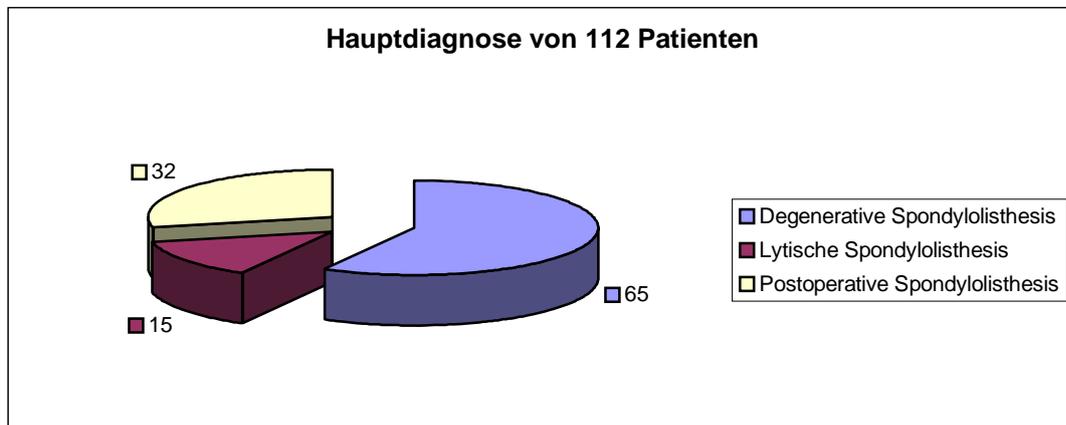


Abb. 12: Einteilung der Hauptdiagnose nach der Klassifikation von Wiltse und Rothmann

Die Indikation zur operativen Behandlung der segmentalen Wirbelsäuleninstabilität ist der therapieresistente Schmerz, respektive die neurologische Störung. Im Kindes- und Jugendalter kann auch eine ausgeprägte Progredienz der Spondylolisthesis eine Operationsindikation darstellen. Vor jeder operativen Therapie erfolgt obligat eine ambulante konservative Behandlung. Dabei steht neben physikalischen Maßnahmen und einer individuellen Schmerztherapie die Versorgung mit einer Orthese (BOB-Orthese) im Vordergrund. Diese sollte probatorisch mindestens 6 Wochen kontinuierlich getragen werden.

### **3.3 Erhebung und Auswertung von Patientendaten**

Sämtliche patientenbezogenen prä- und postoperativen Daten der Arbeit wurden einerseits retrospektiv aus den Krankenakten ermittelt, andererseits wurde mit 78 der Patienten telefonisch ein Fragebogen durchgesprochen, um fehlende Daten zu ergänzen und vorliegende Aufzeichnungen zu vervollständigen. Der für die telefonische Befragung entworfene Fragebogen ist im Anhang wiedergegeben.

Die aus den Patientenakten entnommenen bzw. anamnestisch erhobenen Daten wurden mittels eines dafür konzipierten Datenerhebungsprogramms gesammelt und

ausgewertet. Hierzu bedienten wir uns des „ Spine–Soft “ Programmes der Fa. Stryker Implants® zur Aufzeichnung und Analyse von Daten operativ versorgter Wirbelsäulenpatienten.

Insbesondere folgende Punkte wurden mit diesem Programm bei allen Patienten erfasst:

#### 1. Angaben zur Person und zu den OP-Daten

#### 2. Diagnose:

Hier erfassten wir Art, Etage und Grad der Spondylolisthese mit den vorliegenden radiologischen Befunden.

#### 3. Voroperationen:

Dokumentiert wurden alle vorangegangenen Operationen im Bereich der Wirbelsäule.

#### 4. Beschwerden und neurologischer Status prä- und postoperativ:

Hier erfassten wir insbesondere Zeitdauer, Art und Ausmaß der prä- sowie postoperativen Beschwerden. Alle relevanten neurologischen/ orthopädischen Untersuchungsbefunde wurden festgehalten. Dazu gehörten motorische und sensible Defizite, Reflexverhalten, Cauda equina Syndrom, Lasegue-Zeichen, pathologische Veränderungen der Wirbelsäule und Bewegungseinschränkungen. Außerdem wurden wesentliche Nebenerkrankungen wie zum Beispiel Osteoporose, neurologische Erkrankungen und Diabetes mellitus dokumentiert.

#### 5. Prä- und postoperative Einschätzung mittels Scores:

Um prä- und postoperative Beschwerden orientierend beurteilen und miteinander vergleichen zu können, bedienten wir uns zweier Score-Bewertungssysteme. Wir verzichteten dabei auf die Entwicklung eines eigenen Wirbelsäulen-Scores und griffen auf ein von Waddell (144) zur Beurteilung von Einschränkungen bei lumbalen Wirbelsäulenerkrankungen ausgearbeitetes, bewährtes Schema zurück. Ferner verwendeten wir den Beaujon-Score zur Beurteilung der Funktionseinschränkung durch neurologische Symptome.

Der Waddell-Score, als Einschränkungsscore verwendet, berücksichtigt neun Parameter zur Beurteilung der Schwere der jeweils vorliegenden Behinderung durch Lumbalgien: Gehstrecke, Gewicht, das noch gehoben werden kann, Dauer schmerzfreien Sitzens, Stehens und Reisens, selbständiges Ankleiden, schmerzbedingte Einschränkungen des Sozial- und Sexuallebens und der Nachtruhe. Jede Einschränkung wird mit einem Negativpunkt wie folgt belegt:

<b>Gehen</b>	0= 500m	1= < 500m	<b>Sozialleben</b>	0= uneingeschränkt	1= eingeschränkt
<b>Anheben</b>	0= 20Kg	1= < 20Kg	<b>Sexualleben</b>	0= uneingeschränkt	1= eingeschränkt
<b>Sitzen</b>	0= > 30min	1= < 30min	<b>Nachtschlaf</b>	0= uneingeschränkt	1= eingeschränkt
<b>Stehen</b>	0= >30min	1= < 30min	<b>Ankleiden</b>	0= braucht keine Hilfe 1= braucht Hilfe beim Anziehen von Schuhen und Socken	
<b>Reisen</b>	0 = >30min	1 = <30 min			

Die erreichten Werte pro Parameter werden zu maximal 9 Punkten addiert und folgendermaßen bewertet:

- 0- 1 Punkt: normal
- 2- 4 Punkte: minimale Behinderung durch lumbale Rückenbeschwerden
- 5- 7 Punkte: moderate Behinderung
- 8- 9 Punkte: schwere Behinderung

Der des Weiteren angewendete Beaujon-Score umfasst insgesamt 7 Parameter als Hilfsmittel zur Messung der Funktionseinschränkung durch neurologische Symptome: Claudicatio spinalis, radikuläre Schmerzausstrahlung in Ruhe, radikuläre Schmerzausstrahlung bei Belastung, rein lumbale Beschwerden, neurologische Defizite, Schmerzmedikation und Aktivitäten.

Jedes Kriterium wird mit unterschiedlicher Wertigkeit mit nachfolgendem Punkteschema belegt:

**Claudicatio**

Gehstrecke < 100m	0
Gehstrecke 100m- 500m	1
Gehstrecke > 500m	2
Gehstrecke nicht eingeschränkt	3

**Schmerzausstrahlung in Ruhe**

Konstant andauernde starke Schmerzen	0
Vorübergehende starke Schmerzphasen	1
Leichte und gelegentliche Schmerzphasen	2
Keine Schmerzen	3

**Schmerzausstrahlung bei Belastung**

Sofort beim Laufen	0
Gelegentlich/ nach leichter Anstrengung	1
Keine Schmerzen	2

**Lumbalgien**

Konstant andauernde starke Schmerzen	0
Vorübergehende starke Schmerzphasen	1
Leichte und gelegentliche Schmerzphasen	2
Keine Schmerzen	3

**Neurologische Defizite**

Schwerwiegende Ausfälle	0
Geringfügige neurologische Ausfallerscheinungen	2
Keine Ausfälle	4

**Schmerzmedikation**

Ständige Opioid-Derivat-Medikation	0
Intermittierende Opioid-Derivat-Medikation	1
Keine/ geringfügige Einnahme von NSAR-Medikamenten	2

**Aktivitäten**

absolute Arbeitsunfähigkeit und Aufgabe von Freizeit- u. Sozialaktivitäten	0
Berufsaufgabe, nur leichte Arbeiten möglich, deutlich im Freizeitbereich eingeschränkt	1
Alter Beruf, aber geringer belastbar, geringere Freizeitaktivität, mäßige Einschränkungen	2
Keinerlei Einschränkungen	3

**6. Operationen:**

Festgehalten wurden OP-Dauer, Blutverlust und intraoperatives Vorgehen. Außerdem waren die Anzahl der versteiften Wirbel, Fusionsetage, Implantattyp sowie Art und Herkunft des Knochenspanns von Relevanz.

### 7. Peri- und postoperativer Verlauf und Behandlung:

Hierzu gehört der postoperative stationäre Aufenthalt, die weitere Folgebehandlung und die ambulante Versorgung. Von besonderem Interesse war für uns die berufliche Situation prä- und postoperativ und die Dauer der Arbeitsunfähigkeit. Außerdem wurden mit Hilfe des Fragebogens die weitere Schmerzmedikation, selbstständig durchgeführte krankengymnastische und physikalische Maßnahmen und letztendlich die subjektive Meinung der Patienten zum Operationsverlauf festgehalten.

### 8. Komplikationen:

Alle intra- und postoperativen Komplikationen, wie zum Beispiel Gefäß-, Nerven- und Duraverletzungen, Fehlpositionierungen, Pedikelbrüche, Materiallockerung und -brüche, Wundheilungsstörungen, Infektionen und sonstige auftretende Komplikationen wurden erfasst und dokumentiert.

Die standardisierten Daten des Programms wurden anschließend unter rein deskriptiven Gesichtspunkten analysiert. Zur Beschreibung statistischer Sachverhalte bedienten wir uns des Computerprogramms SPSS und Excel für Windows.

Unterschiede in der Altersverteilung zwischen männlichen und weiblichen Patienten sowie Differenzen zwischen der Häufigkeit in den Befundklassen (neurologische Befunde, Waddell-Score, Beaujonscore) wurden mit dem modifizierten  $\chi^2$  –Test (nach Brandt-Snedecor) geprüft (146). Für den Mittelwertvergleich von Parametern wurde der t-Test für abhängige Stichproben verwendet. (Microsoft-Excel). Die Irrtumswahrscheinlichkeit wurde mit  $\alpha = 5\%$  festgesetzt.

### **3.4 Operatives Vorgehen**

Alle Patienten wurden operativ durch eine posteriore lumbale intercorporelle Fusion (PLIF) mit kombinierter dorsaler Instrumentation versorgt. Als Interspace wurden in den Zwischenwirbelraum jeweils zwei mit autologer Corticospongiosa gefüllte Titan-Cages eingebracht. In allen Fällen wurde als Instrumentarium das Diapason-Wirbelsäulensystem, sowie Titan-Cages der Fa. Stryker verwendet.

Als operative Dekompression wurde in 98 (87,5%) Fällen eine Laminektomie und in 14 (12,5%) eine bilaterale Laminofacettektomie durchgeführt. Bei ausgeprägter Osteoporose (neun Patienten) wurden hydroxylapatitbeschichtete Pedikelschrauben benutzt.

Bei den insgesamt 112 Eingriffen erfolgte die Spondylodese bei 104 Patienten monosegmental und bei sieben bisegmental bei einer einzeitigen Vorgehensweise. Ein Patient wurde in jeweils gesonderten Operationen über drei Segmente fusioniert, so dass insgesamt 123 Wirbelsäulensegmente versteift wurden (Siehe Tabelle 1)

<b>Instrumentation</b>	<b>Anzahl ( n = 112 )</b>	
<b>Monosegmental</b>	104	84,6%
<b>Bisegmental</b>	7	5,7%
<b>Trisegmental</b>	1	0,8%
<b>Gesamt</b>	112	91,1%

Tab. 1: Anzahl der mono-, bi-, trisegmentalen Fusionen

Am häufigsten wurde die Etage LWK 4/5 mit 70 Fusionen operiert. Es folgen die Etagen LWK 3/4 mit 24; LWK 5/ SWK1 mit 21 und LWK 2/3 mit acht Fusionen. (Siehe Tabelle 2)

<b>Segment</b>	<b>Anzahl ( n = 123 )</b>	
<b>S1-L5</b>	21	17,1%
<b>L5-L4</b>	70	56,9%
<b>L4-L3</b>	24	19,5%
<b>L3-L2</b>	8	6,5%
<b>Gesamt</b>	123	100,0%

Tab. 2: Segmentverteilung der PLIF

Die durchschnittliche Dauer der Operation betrug bei den 112 ausgewerteten Fällen 213 min (125- 428 min ). Der mittlere Blutverlust lag bei 657 ml (390- 2500 ml ).

### Operative Vorgehensweise am Beispiel einer PLIF zwischen LWK4/5:

Der Eingriff wird jeweils in Intubationsnarkose durchgeführt und es erfolgt routinemäßig eine antibiotische Prophylaxe in Form einer einmaligen Gabe von Spizef zwei Gramm i.v.

Der Patient wird in Bauchlage gebracht und die Beine um ca. 30° abgewinkelt. Hierbei ist darauf zu achten, dass das Abdomen zuverlässig entlastet und die Lendenwirbelsäule gut entlordorsiert ist. Nach Desinfektion und steriler Abdeckung erfolgt zunächst der Hautschnitt in Höhe des LWK vier bis fünf im Bereich der Mittellinie. Die Fascia lumbodorsalis wird dargestellt und anschließend paramedian beidseits durch monopolare Koagulation inzidiert. Danach wird die Muskulatur von den Dornfortsätzen präpariert und ein Laminektomiesperrer eingesetzt. Nach der Freilegung der entsprechenden Wirbelbögen werden unter radiologischer und neuronavigatorischer Kontrolle die Pedikelschrauben eingebracht. Anschließend wird, entsprechend des Befundes, eine Dekompression und Neurolyse der betroffenen Nervenwurzeln durchgeführt. Hierzu wird eine beidseitige Hemilaminektomie unter Erhalt des Processus spinosus und der entsprechenden Bänder oder eine Laminektomie vorgenommen. Hiernach erfolgt die Inzision des hinteren Längsbandes. Das Bandscheibenfach wird beidseits ausgeräumt und präpariert. Eine Anfrischung der Grund- und Deckplatte mit speziellen Reibahlen ist notwendig, um eine spätere knöcherne Fusion zu ermöglichen. Nach Ausmessung des Zwischenwirbelraumes werden je nach Wirbelsäulensegment verschieden stark gewinkelte Titan-Cages unter radiologischer Kontrolle eingesetzt. Diese Cages werden ausschließlich mit autologem, cortico-spongiösem Knochenmaterial von den dorsal entfernten össären Strukturen aufgefüllt. Anschließend werden die Implantate über den Fixateur interne unter Kompression gesetzt. Es folgt eine Spülung der Operationshöhle und eine ausgiebige Blutstillung. Auf die Dura wird ein Margabelan-Schwamm gelegt. Nach Einlegen zweier Redon-Drainagen erfolgt ein schichtweiser Wundverschluss der Fascie und der Subcutis mit resorbierbaren Einzelnähten. Abschließend wird die Haut verklammert und ein steriler Verband angelegt. Durch den Einsatz eines Cell-Savers können Blutverluste in den meisten Fällen kompensiert werden, so dass auf die Gabe von Fremdblut verzichtet werden kann.

### **3.5 Bildgebende Verfahren**

Bei klinischem Verdacht auf eine bestehende Instabilität wird zunächst eine Röntgenübersichtsaufnahme der Lendenwirbelsäule in zwei Ebenen durchgeführt. Zeigt sich hier eine Stufenbildung in einem Wirbelsäulensegment, so werden zusätzlich Funktionsaufnahmen der Lendenwirbelsäule in Ante- und Retroflexion durchgeführt. Sollte eine Instabilität vorliegen, besteht der nächste Schritt in der Anfertigung von computertomographischen oder magnetresonanztomographischen Bildern. Zur genauen Beurteilung der Art der Stenose, der bewegungsabhängigen Einengung des Spinalkanals und der Kompression der Nervenwurzel wird in den meisten Fällen zusätzlich eine Funktionsmyelographie durchgeführt.

Postoperativ wurden während des stationären Aufenthaltes und bei den folgenden Follow-ups Standard-Röntgenaufnahmen der Lendenwirbelsäule in zwei Ebenen angefertigt (anterior-posterior und streng seitlich). In Ausnahmefällen, bei fraglichen Befunden, wurden zusätzliche Funktionsaufnahmen oder andere bildgebende Verfahren durchgeführt. In der Mehrzahl der Fälle zeigten sich die Qualität und Aussagekraft der Standardaufnahmen aber als vollkommen ausreichend. Ansonsten wurde aus der Bestrebung, die Strahlenbelastung der zur Nachuntersuchung freiwillig erschienenen Patienten so gering wie möglich zu halten, sowie aus wirtschaftlich-logistischen Gründen auf die Anfertigung von zusätzlichen Aufnahmen verzichtet.

Zur Beurteilung der postoperativen Fusionsrate verwendeten wir die von Brantigan und Steffee definierten Kriterien.

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

Bei den konventionellen Aufnahmen waren folgende Befunde von Interesse:

- präoperativ: Grad der Spondylolisthese (nach Meyerding), Ausmaß der Lendenlordose LWK eins bis fünf in Grad, Höhe des Zwischenwirbelraumes im zu fusionierenden Segment, Ausmaß der degenerativen Veränderungen und Vorhandensein einer Wirbelsäulendeformität
- postoperativ: Ausmaß der operativen Reduktion, Ausmaß der Lendenlordose, Höhe

des Zwischenwirbelraumes, radiologisch messbare Komplikationen und Fusionsraten.

Ferner wurden im CT und MRT sowie in den Funktionsmyelographien manifest gewordene Spinalkanalstenosen dokumentiert und entsprechend ihres Ausmaßes in unilaterale, bilaterale und komplette Stenosen eingeteilt.

## 4. Ergebnisse

### 4.1 Alter und Geschlecht

Die Altersverteilung zum Zeitpunkt der Operation bewegt sich zwischen 29 und 81 Jahren bei einem mittleren Alter von 57,5 Jahren. Insgesamt wurden mehr Frauen als Männer einer PLIF unterzogen.

65 (58,0%) der Patienten waren weiblich, 47 (42,0%) waren männlich. Bei den weiblichen Patienten lag der Altersdurchschnitt bei 58,4 Jahren, bei den männlichen Patienten bei 56,5 Jahren.

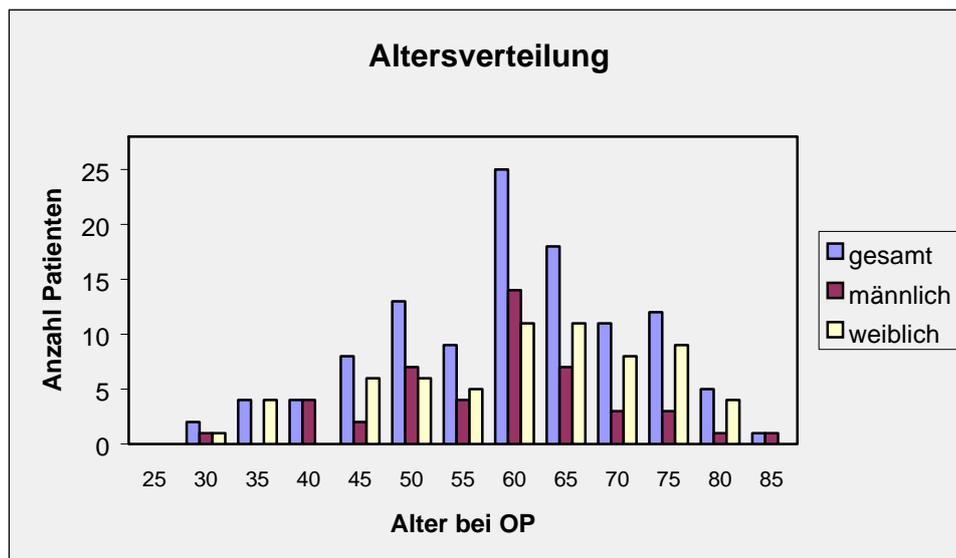


Abb. 13: Verteilung des Operationsalters in 5 Jahresschritten nach Geschlecht und als Gesamtübersicht

Die Altersverteilung für Frauen und Männer zusammen genommen zeigt eine leicht schiefe Verteilung mit einem Gipfel bei > 55 bis 60 Jahre. In der Gruppe der 51 bis 55-Jährigen wurde im Vergleich zum übrigen Patientengut überdurchschnittlich wenig operiert. Die Aufteilung in männliche und weibliche Patienten führte zu sehr ähnlichen Verteilungen (nicht signifikant). Damit liegen keine Unterschiede in der Altersstruktur von weiblichen und männlichen Patienten vor.

Insgesamt wird deutlich, dass die Anzahl der Operationen bis zum ersten Altersgipfel kontinuierlich ansteigt und mit steigendem Lebensalter wieder abnimmt. Während in

den jüngeren Altersschichten das Verhältnis zwischen männlichen und weiblichen Patienten noch schwankt, überwiegt ab dem 61. Lebensjahr der Anteil der Frauen.

#### **4.2 Neurologische Befunde**

Bei 85 Patienten (75,9%) der insgesamt 112 dokumentierten Patienten wurden präoperativ neurologische Ausfälle festgestellt. In 27 Fällen (24,1%) handelte es sich dabei um rein sensible Defizite. Bei 51 Patienten (45,5%) zeigten sich sensomotorische Ausfallerscheinungen und sieben Patienten (6,3%) wiesen rein motorische Defizite auf. Bei der Beurteilung der motorischen Einschränkung bewerteten wir die Kraftminderung der Kennmuskeln für die Nervenwurzeln L4 (M.quadrizeps), L5 (Fußheber: M.ext.digitorum longus, M.ext. hallucis longus) und S1 (Fußsenker: M.gastrocnemius, M. soleus).

69 Patienten hatten die Beschwerden länger als fünf Jahre.

Zehn Monate postoperativ (7-18 Monate) konnte noch bei 36 Patienten (32,1%) ein neurologisches Defizit festgestellt werden. 23 Patienten (20,5%) zeigten sensible, sieben (6,3%) sensomotorische und sechs (5,4%) rein motorische Ausfälle.

Die Anzahl der Patienten ohne neurologische Defizite ist von präoperativ 27 Fällen (24,1%) auf postoperativ 76 Fälle (67,9%) deutlich gestiegen. Der stärkste Rückgang findet sich bei den Patienten mit sensomotorischen Ausfällen von 51 bei den Voruntersuchungen auf sieben bei dem zehnten Monats-follow-up. Von diesen 51 unter sensomotorischen Ausfällen leidenden Patienten wiesen 12 postoperativ noch rein sensible Defizite auf und zwei zeigten rein motorische Ausfälle. Ein Patient, der präoperativ keinerlei neurologische Störungen aufwies, hatte postoperativ rechts eine mittelgradige Fußheberschwäche, welche auch nach zehn Monaten weiterhin bestand. Die Unterschiede im Auftreten neurologischer Ausfälle zwischen der präoperativen und postoperativen Situation sind statistisch signifikant und zeigen eine deutliche Verbesserung postoperativ ( $p < 0.05$ ).

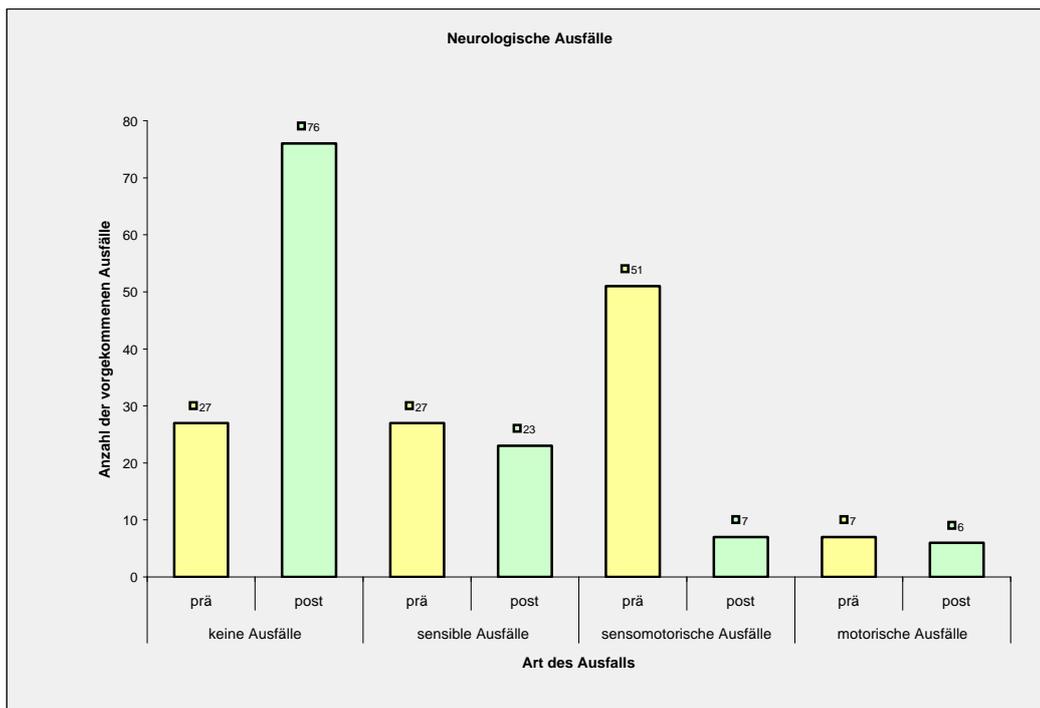


Abb. 14: Neurologische Ausfallerscheinungen vor und nach der Operation (10 Monats-Follow-up)

Ein Caudasyndrom mit Blasen- oder Mastdarmsstörungen war sowohl prä- als auch postoperativ von keinem Patienten zu beklagen.

Bei der Überprüfung und dem Vergleich der Muskeleigenreflexe ASR und PSR kamen wir zu den Ergebnissen, welche der folgenden Gegenüberstellung zu entnehmen sind:

Präoperativer Reflexstatus:

	erloschen		abgeschwächt		normal		verstärkt	
	einseitig	beidseits	einseitig	beidseits	einseitig	beidseits	einseitig	beidseits
<b>PSR</b>	17	18	30	20	19	33	6	5
<b>ASR</b>	33	15	28	19	26	31	3	2

Tab.3: beidseitiger Reflexstatus vor der Operation

## Postoperativer Reflexstatus:

	erloschen		abgeschwächt		normal		verstärkt	
	einseitig	beidseits	einseitig	beidseits	einseitig	beidseits	einseitig	beidseits
<b>PSR</b>	11	14	24	25	19	38	2	7
<b>ASR</b>	23	13	19	18	27	35	5	9

Tab. 4: beidseitiger Reflexstatus nach der Operation (10 Monats-Follow-up)

### **4.3 Waddell-Score**

Bei der Aufnahmeuntersuchung erreichten die Patienten bei der Auswertung des Waddell-Scores im Mittel 5.2 von neun Negativpunkten. Betrachtet man bei diesem Mittelwert die einzelnen Behinderungsgrade, so wurde bei 36 (32,1%) Patienten eine Punktzahl von zwei bis vier erreicht, welche laut Waddell-Score einer minimalen Behinderung durch lumbale Rückenbeschwerden entspricht. Die meisten Patienten, insgesamt 69 (61,6%), fielen mit einer Punktzahl von fünf bis sieben in die Kategorie „moderate Behinderung“. Bei sieben (6,3%) Patienten wurde eine Punktzahl von acht bis zehn ausgewertet, welche die Kategorie „starke Behinderung“ einschließt. Präoperativ wurde keinem Patienten eine Punktzahl von null bis eins (keine Behinderung) zugeordnet.

Zehn Monate postoperativ hatte sich der Waddell-Score im Mittel von 5.2 auf 1,5 von neun Negativpunkten gesenkt. Bei der statistischen Auswertung mittels eines t- Testes für abhängige Stichproben ergibt sich ein signifikant niedriger Score ( $p < 0,05$ ). Auch die Häufigkeitsverteilung in Bezug auf die Schweregrade ergab einen statistisch signifikanten Unterschied zwischen der prä- und postoperativen Situation. Damit zeigt die Änderung des Waddell-Scores eine deutliche Verminderung der Einschränkung bei lumbalen Wirbelsäulenerkrankungen in diesem Patientengut.

Im Hinblick auf die einzelnen Kategorien des Scores konnten 61 (54,5%) der Patienten der Gruppe „keine Behinderung“ zugeordnet werden und 51 (45,5%) fielen in die Kategorie „minimale Behinderung“. Alle Patienten zeigten eine Verbesserung des Score-Wertes. Die prä- und postoperativen Ergebnisse des Waddell-Scores sind in den folgenden Abbildungen (15/16) dargestellt.

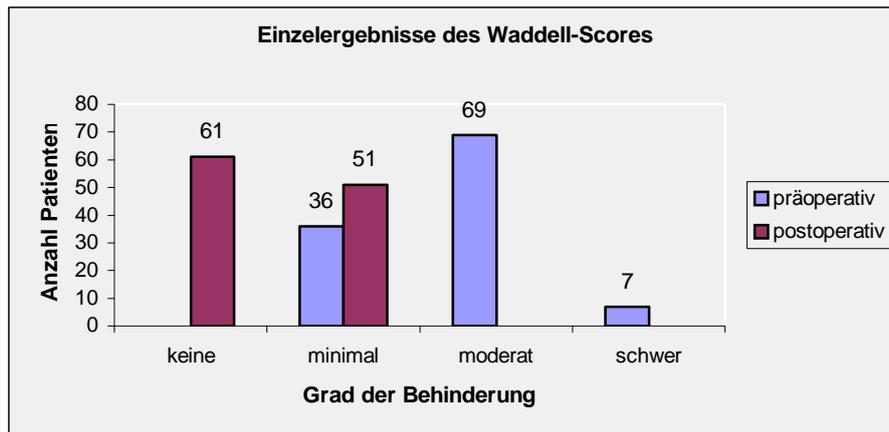


Abb. 15: Aufschlüsselung der einzelnen Behinderungsgrade nach dem Waddell-Score prä- und postoperativ

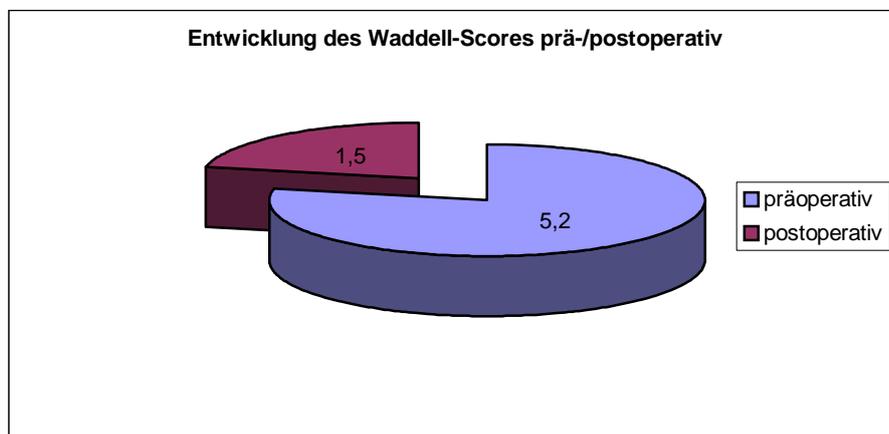


Abb. 16: Gesamtergebnis des Waddell-Scores prä- und postoperativ

#### 4.4 Beaujon-Score

Der mittlere präoperative Wert des Beaujon-Scores lag bei 7,2 von 20 Punkten. Von besonderem Interesse waren für uns die Parameter:

- Einschränkung der Gehstrecke
- Schmerzaustrahlung in Ruhe/ bei Belastung
- Lumbalgiforme Beschwerden

Präoperativ war bei 103 Patienten (92%) die Gehstrecke erheblich eingeschränkt. 61 Patienten (54,5%) gaben an, weniger als 100 m laufen zu können. Bei 42 Patienten (37,5%) betrug die geschätzte Gehstrecke zwischen 100 und 500 m. Nur neun Patienten (8%) gaben an, über 500 m weit laufen zu können.

Vor der Operation klagten insgesamt 23 Patienten (20,5%) über kontinuierliche starke Schmerzen, welche auch in Ruhe in ein oder beide Beine ausstrahlten. 46 Patienten

(41,1%) gaben rezidivierende starke Schmerzattacken an, 41 (36,6%) litten unter leichten Schmerzen und zwei (1,8%) gaben an, in Ruhephasen unter keiner Schmerzausstrahlung in die Beine zu leiden. Bei Belastung hatten 73 Patienten (65,2%) sofort starke Schmerzen, 37 (33%) klagten über Beschwerden nach leichter Anstrengung und zwei (1,8%) gaben keine ins Bein ausstrahlenden Schmerzen nach körperlicher Belastung an.

Reine Rücken- beziehungsweise Kreuzschmerzen beklagten 105 Patienten (93,75%) präoperativ. 32 Patienten (28,6%) litten unter fortwährenden starken Schmerzen, 45 (45,9%) gaben rezidivierende heftige Schmerzattacken an, 28 (25%) beschrieben die Schmerzzustände als leicht und sieben Patienten (6,25%) hatten keine isolierten Kreuz- oder Rückenschmerzen.

Postoperativ hatte sich die Gehstrecke bei 91,1% der Patienten deutlich verbessert. Acht Patienten (7,1%) zeigten keine Verbesserung der vorher angegebenen Gehstrecke und zwei Patienten (1,8%) gaben beim zweiten Zehn-Monats-follow-up an, ihre Gehfähigkeit habe sich im Vergleich zur präoperativen max. zurückgelegten Strecke vermindert. 50 Patienten (44,6%) konnten eine Strecke von über 500m zurücklegen und bei 40 (35,7%) war die Gehstrecke uneingeschränkt (>2000m). Zehn Monate postoperativ hatten von präoperativ 110 Patienten (98,2%), 54 Patienten (48,2%) in Ruhe keine Beinschmerzen mehr. Während vor der Operation (48,2%) ständige oder häufige starke Beinschmerzen klagten, waren es postoperativ nur noch 12 (10,7%).

Belastungsabhängige Beschwerden (sofortige oder nach geringer Belastung) wurden postoperativ noch von vier Patienten beklagt.

Unter Rücken oder Kreuzschmerzen litten noch 55 Patienten (49,1%). Davon klagten 46 (41,1%) noch über leichte Beschwerden und neun (8%) gaben rezidivierende starke Schmerzen an.

Die prä- und postoperativen Gesamtergebnisse sind in Abbildung 17 gegenübergestellt. Insgesamt verbesserte sich der Beaujon- Score von präoperativ 7,2 auf postoperativ 15,4 Punkte bei einer max. erreichbaren Punktzahl von 20 Punkten.

Die Änderung des Scores ist signifikant ( $p < 0,05$ )

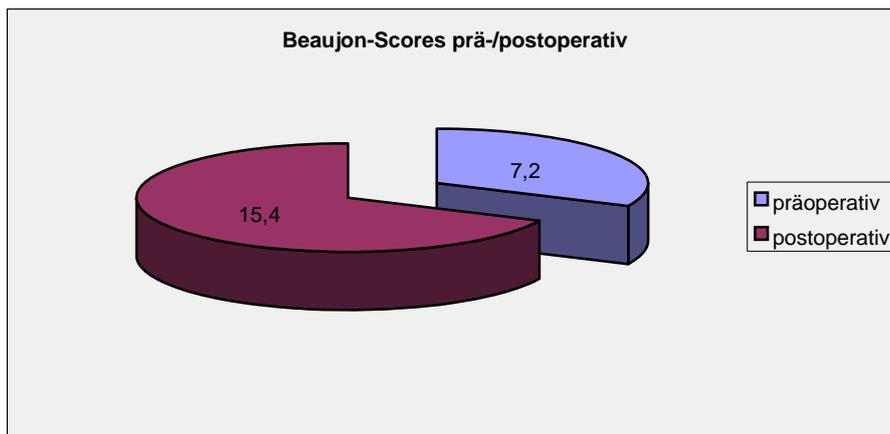


Abb. 17: Beaujonscore prä- und postoperativ

#### **4.5. Weitere Untersuchungsbefunde**

Von besonderem Interesse waren Vorerkrankungen, die in der Genese von degenerativen Erkrankungen eine Rolle spielen, sowie Erkrankungen und Voroperationen, welche die Mobilität der untersuchten Patienten unabhängig von ihren Rückenbeschwerden beeinflussen könnten.

Wesentliche Vorerkrankungen zeigten sich in insgesamt 73 Fällen (65,2%). Zu nennen sind ein insulinpflichtiger Diabetes mellitus in 15 Fällen. Eine Adipositas per magna war bei 34 Patienten zu verzeichnen. 14 Patienten hatten eine TEP bei Coxarthrose des Hüftgelenkes oder als Folge einer Schenkelhalsfraktur. Neun Patienten waren mit einer Knieendoprothese bei Gonarthrose versorgt worden. 13 Patienten litten unter einer pAVK zweiten Grades und höher. In einem Fall war eine Patientin fünf Jahre vor ihrer Wirbelsäulenoperation einer einseitigen Unterschenkelamputation unterzogen worden. In zehn Fällen dokumentierten wir einen Zustand nach apoplektischem Insult, zweimal Zustand nach Poliomyelitis, viermal Zustand nach HWS-Operationen und zweimal Zustand nach Polytrauma mit Wirbelsäulenbeteiligung.

Insgesamt 32 Patienten waren ein- oder mehrmals an der Lendenwirbelsäule voroperiert. Bei dieser Gruppe wurde in 24 Fällen eine Bandscheibenoperation durch interlaminäre Fensterung durchgeführt, in fünf Fällen Laminektomien wegen Spinalkanalstenosen. Bei einer Patientin handelte es sich bei dem Eingriff um eine ALIF, bei zwei Patienten um eine Osteosynthese.

#### **4.6 Radiologische Ergebnisse**

Insgesamt stand bei 88 der 112 ausgewerteten Patienten das für einen prä- und postoperativen Vergleich benötigte Bildmaterial zur Verfügung. Bei einigen Patienten

waren auswärtig Bilder angefertigt worden, die zur Nachbetrachtung nicht herangezogen werden konnten. Bei der Auswertung des vorliegenden Bildmaterials kamen wir zu folgenden Ergebnissen:

Einteilung nach Meyerding:

Die präoperative Einteilung nach Meyerding ergab folgende Ergebnisse:

In 80 der 88 vorliegenden Fälle konnte eine Spondylolisthesis nachgewiesen werden. Es wurden hiervon 56 Patienten (63,6%) dem Grad I nach Meyerding zugeordnet, 21 Patienten (23,9%) dem Grad II und drei Patienten (3,4%) dem Grad III. Höhergradige Listhesen wurden nicht im Krankengut diagnostiziert. In zwei Fällen konnte aufgrund eines bereits liegenden Fixateurs intern keine Zuordnung gemacht werden. Bei fünf Patienten war bei dem vorliegenden Bildmaterial eine Spondylolisthesis nicht klassifizierbar.

<b>Grad nach Meyerding</b>	<b>Anzahl ( n=88 )</b>
Grad I	56 (63,6 %)
Grad II	21 (23,9 %)
Grad III	3 (3,4 %)
Grad IV	0 (0,0 %)
Nicht klassifizierbar	8 (9,1 %)
<b>Gesamt</b>	<b>88 (100 %)</b>

Tab. 4 Einteilung des Spondylolisthesegrades nach Meyerding präoperativ

Postoperativ fand sich eine persistierende Spondylolisthesis im Sinne von Grad I nach Meyerding in 11 Fällen, eine diskrete Listhesis (< Grad I) in weiteren 14 Fällen, insgesamt somit in 25 (28,4%) von 88 ausgewerteten Fällen.

<b>Grad nach Meyerding</b>	<b>Anzahl ( n=88 )</b>
<Grad I	14 (15,9 %)
Grad I	11 (12,5 %)
Grad III	0 (0,0 %)
Grad IV	0 (0,0 %)
Nicht klassifizierbar	63 (71,6 %)
<b>Gesamt</b>	<b>88 (100 %)</b>

Tab. 5 Einteilung des Spondylolisthesegrades nach Meyerding postoperativ

### Lendenlordose:

Die durchschnittliche präoperative Lordose betrug, betrachtet man das Gesamtkollektiv der Patienten (n=88), 36,5°. Unterteilt man das Patientengut hinsichtlich des Grades der Spondylolisthese, so erhielt man für die Patienten mit dem Grad I eine durchschnittliche Lordose von 34,9°, Grad II-Patienten hatten eine mittlere Lendenlordose von 41,1° und die der Grad III-Patienten lag bei 45,7°.

Postoperativ lag die mittlere Lendenlordose bei 37,8°. Bei 21 Patienten (23,9%) ergab sich eine Verminderung (3°-11°) der Lendenlordose, bei 31 Patienten (35,2%) konnte eine Zunahme (4°- 13°) vermerkt werden und bei 36 Patienten (40,9%) blieb die Lendenlordose bis auf +/- 2° unverändert.

Die Änderung des Winkels im Vergleich von prä- und postoperativen Werten ist signifikant ( $p < 0,05$ ).

### Höhe des Zwischenwirbelraumes:

Vor der Operation lag die Höhe des Zwischenwirbelraumes im zu fusionierenden Segment durchschnittlich bei 4,7 mm.

Postoperativ lag der Abstand im Mittel bei 9,9 mm. Daraus resultiert eine durchschnittliche Höhenzunahme um 5,2 mm ( $p < 0,05$ ). Ein postoperativer sekundärer Höhenverlust zeigte sich in keinem Fall.

### Degenerative Veränderungen und Wirbelsäulendeformitäten:

Zur Beurteilung der degenerativen Veränderungen wurde das vorliegende Material in 4 Kategorien eingeteilt: Keine, mäßige, starke und massive degenerative Veränderung.

Dabei kamen wir zu folgender Auswertung:

keine Veränderungen:	3 Patienten
Geringe Veränderungen:	18 Patienten
Starke Veränderungen:	46 Patienten
Massive Veränderungen:	21 Patienten

Bei 38 Patienten fand sich eine skoliotische Fehlhaltung unterschiedlicher Ausprägung.

### Spinalkanalstenosen:

Bei insgesamt von 108 Patienten vorliegenden Computertomographien, MRT-Aufnahmen oder Myelographien konnte bei 22 Patienten (20,4%) eine komplette Spinalkanalstenose, bei 59 Patienten (54,6%) eine bilaterale Stenose und bei 17 Patienten (15,7%) eine unilaterale Stenose festgestellt werden. Zehn Patienten hatten keine nachweisbare Spinalkanalstenose.

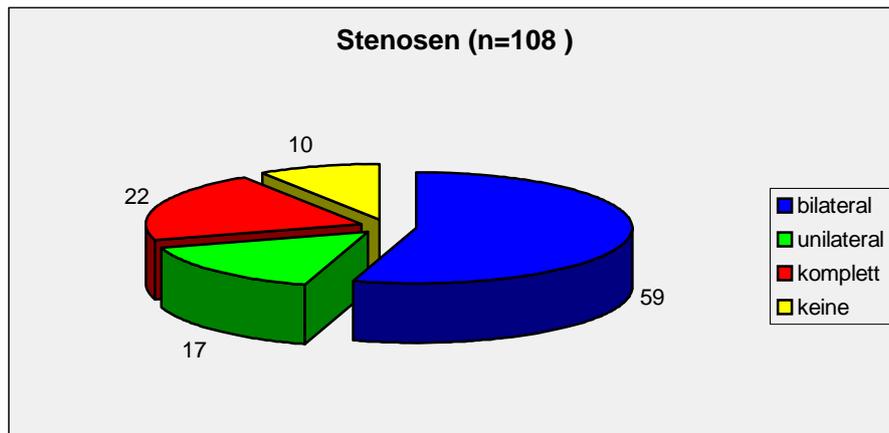


Abb. 18 Stenosen

### Fusionsrate:

Von den 88 Patienten, bei denen eine röntgenologische Beurteilung im Rahmen des Zehn-Monats-follow-up erfolgen sollte, konnte in 80 Fällen eine Auswertung gemacht werden. Bei 41 (51,25%) dieser Patienten, wurde der Fusionsstatus, basierend auf den im Methodenteil erläuterten Kriterien nach Brantigan und Steffee, mit Kategorie e beurteilt, also als sichere Fusion. 19 Patienten (23,75%) wurden mit Kategorie d klassifiziert, welcher eine wahrscheinliche Fusion impliziert. Bei 20 der Patienten (25,0%) wurde der Fusionsstatus als unsicher klassifiziert, da die Röntgenaufnahmen Aufhellungslinien im Zentrum der Fusionsmasse zeigten und durch die Röntgendichte der Titan cages bedingte Artefakte die genaue Einschätzung behinderten. 14 dieser Patienten gaben eine deutliche, bleibende Beschwerdeminderung seit der Operation an, sechs berichteten über keine Verbesserung. In diesen sechs Fällen ergaben die daraufhin angefertigten Funktionsaufnahmen keinen Anhalt für eine bestehende segmentale Instabilität.

#### **4.7 Komplikationen**

Die Komplikationen wurden unter dem Aspekt systemische (wie Sepsis, Herzinfarkt oder Lungenembolie) oder lokale Komplikationen (unter anderem Wundheilungsstörungen, Infektionen, Duraverletzungen oder Materialversagen) betrachtet. Des Weiteren lassen sich Früh- von Spätkomplikaionen unterscheiden, wobei die Grenze nach dem dritten postoperativen Monat zu ziehen ist.

Insgesamt ereigneten sich im intra- und postoperativen Verlauf bei 37 Patienten Komplikationen im weitesten Sinne, welche direkt oder indirekt mit der Operation in Zusammenhang gebracht werden können.

Intraoperativ kam es in zwei Fällen zu stärkeren Blutungen aus dem epiduralen Venenplexus von LWK5/ SWK1, die trotz Verwendung eines Cell-Savers die Gabe von Erythrozytenkonzentraten erforderlich machten.

Bei 13 Patienten kam es zu Verletzungen der Dura mater. Des Weiteren wurden bei zwei Patienten jeweils eine fehlpositionierte Pedikelschraube dokumentiert, welche jedoch intraoperativ beim gleichen Eingriff korrigiert wurden. Bei einem Patienten kam es zu einem Pedikelbruch im Bereich von LWK3.

In der frühen postoperativen Phase ergab sich bei neun Patienten (8,0%) eine Wundheilungsstörung, welche in sechs Fällen unter entsprechender konservativer Behandlung beherrscht werden konnte. In drei Fällen war eine operative Wundrevision mit Sekundärnaht erforderlich.

Bei drei Patienten (2,8%) mit postoperativ anhaltenden lokalen Rückenbeschwerden konnte eine einseitige Wurzelkompressionssymptomatik festgestellt werden, weshalb in allen drei Fällen eine operative Revision mit Dekompression der Nervenwurzel erfolgte. Des Weiteren trat bei einer Patienten eine Liquorfistel nach Duranaht auf, die ebenfalls einige Tage postoperativ revidiert wurde.

Schwerwiegende entero-, pulmono-, kardio-, und urologische Komplikationen traten nicht auf.

An späten leichten Komplikationen sind vier Fälle von reizlosen Narbenkeloiden mit Parästhesien zu nennen.

Bei einer Patientin (Typ-III-Instabilität) zeigte sich postoperativ eine bleibende Fußheberschwäche. Zusätzlich traten bei sechs Patienten neue Sensibilitätsstörungen auf, wobei diese in 5 Fällen bis zur zweiten Nachuntersuchung vollständig rückläufig waren. Drei weitere Patienten klagten als späte Komplikation über lokalisierten Rückenschmerz, dem in einem Fall ein singulärer Schraubenbruch zugrunde lag. Bei den beiden anderen Patienten wurde eine einseitige Lockerung jeweils einer Pedikelschraube festgestellt.

Für die 112 Patienten, die im Follow-up erfasst worden sind, ergibt sich demnach eine Gesamtkomplikationsrate von 33,03%, welche sich folgendermaßen aufschlüsseln lässt:

Komplikationen	Häufigkeit (Anzahl n=112)	
<b>Intraoperativ</b>		
Dura mater Verl.	13	(11,61%)
Fehlpositionierung	2	(1,79%)
Pedikelbruch	1	(0,89%)
hoher Blutverlust	2	(1,79%)
<b>früh postoperativ</b>		
Wundinfekt	6	(5,36%)
Liquorfistel	1	(0,89%)
Wurzelkompressionssyndrom	3	(2,68%)
<b>spät postoperativ</b>		
Narbenkeloid	4	(3,57%)
Schraubenbruch	1	(0,89%)
Materiallockerung	2	(1,79%)
Fußheberschwäche	1	(0,89%)
Sensibilitätsstörungen	1	(0,89%)
<b>Gesamt</b>	37	(33,03%)

Tab. 5: Übersicht der einzelnen Komplikationen

Die Reoperationsrate betrug bis zur letzten Nachuntersuchung 8,9% (10/112). Zusammenfassend erfolgten drei Wundrevisionen mit Sekundärnaht, drei Entfernungen von intraspinalem Narbengewebe mit erneuter Dekompression, eine Revision einer Liquorfistel, eine Materialentfernung und zwei Korrekturen von gelockerten Pedikelschrauben. (Siehe Tabelle 4)

Reoperationen	Häufigkeit (Anzahl n=112)	
Wundrevision	3	(2,7 %)
Dekompression einer Nervenwurzel	3	(2,7 %)
Verschluss einer Liquorfistel	1	(0,9 %)
Korrektur gelockerter Pedikelschrauben	2	(1,7 %)
Materialentfernung	1	(0,9 %)
<b>Gesamt</b>	10	(8,9 %)

Tab. 6: Übersicht der Revisionseingriffe

#### **4.8 Postoperativer Verlauf**

Am dritten postoperativen Tag (2- 6) wurden die Patienten in einer BOB-Orthese mobilisiert und nach zehn Tagen (8-19) in eine Reha-Klinik verlegt, wo sie durchschnittlich noch drei Wochen betreut wurden. 36 (32,1%) Patienten zogen eine ambulante Anschlussheilbehandlung vor.

Vor der Operation waren 63 (56,3%) der 112 Patienten laut eigener Angabe berufstätig. 49 (43,7%) Patienten erhielten eine Rente, hatten sie beantragt oder waren arbeitslos. Bei sieben (6,3%) dieser nicht berufstätigen Patienten stand die Erwerbslosigkeit in direktem Zusammenhang mit den präoperativen Rückenbeschwerden. Keiner dieser Patienten nahm nach dem Eingriff eine neue Tätigkeit auf.

Von den 63 präoperativ berufstätigen Patienten gingen 46 (73%) postoperativ einer Tätigkeit nach. 40 (63,5%) Patienten blieben im gleichen Beruf und sechs (9,5%) gaben an, einen anderen, körperlich leichteren Beruf auszuüben. 16 (25,4%) Patienten zogen sich aus dem Berufsleben zurück und beantragten eine Rente, eine Patientin war als arbeitslos gemeldet, wollte aber wieder in ihren alten Beruf zurückkehren.

Betrachtet man das Gesamtkollektiv der Patienten sank die Rate der Erwerbstätigen von präoperativ 56,3% auf postoperativ 41,1%. Der durchschnittliche Zeitraum nach der Operation bis zur Wiederaufnahme der Arbeit betrug 3,1 Monate (1- 6 Monate).

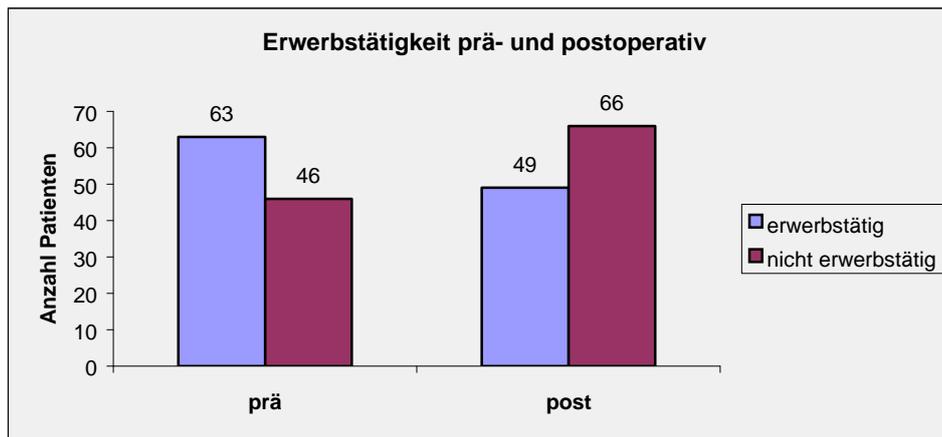


Abb. 19: Vergleich der prä- und postoperativen Erwerbstätigkeit

#### 4.9 Subjektive Beurteilung durch den Patienten

Zu der Frage, ob sich der einzelne Patient mit seinen individuellen Erfahrungen im Rahmen der posterioren lumbalen interkorporellen Fusion mit Instrumentation wieder operieren lassen würde, falls er noch einmal vor jener Entscheidung bezüglich seines Rückens stünde, antworteten 91 Patienten (81,3%) positiv und 21 (18,7%) negativ. (Siehe Abb. 20)

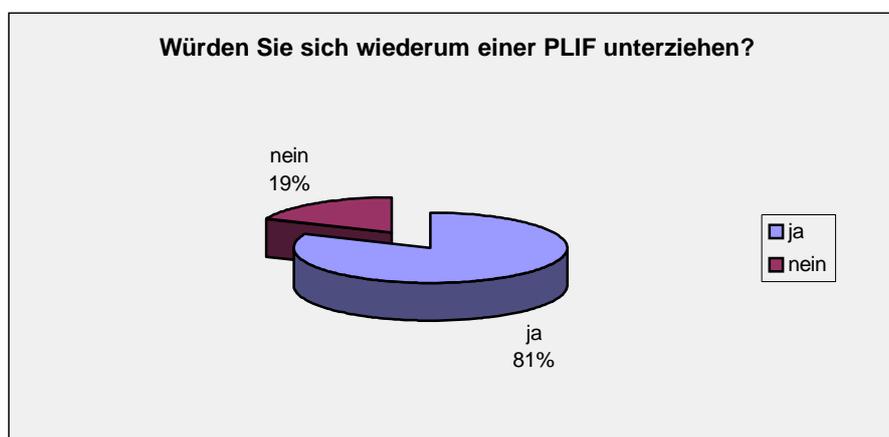


Abb. 20: Einschätzung der PLIF als Therapie durch den Patienten

Hinsichtlich der Gesamtbeurteilung des Operationsergebnisses schätzten von den 112 untersuchten Patienten 36 Patienten (32,1%) dieses als „sehr gut“ und 62 Patienten (55,4%) als „gut“ ein. Dagegen beurteilten zehn Patienten (8,9%) den Erfolg als „mäßig“ und 4 Patienten (3,6%) empfanden ihn als „schlecht“ ( Abb. 21)

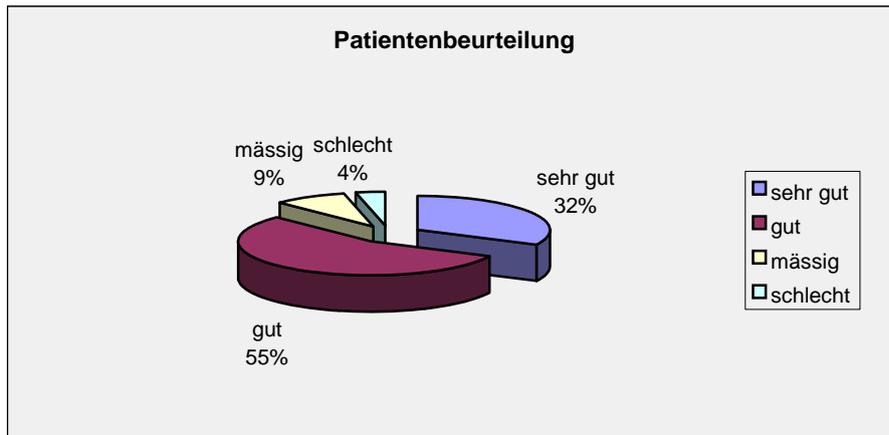


Abb. .21: Subjektive Beurteilung des Operationsverfahrens durch den Patienten

## **5. Diskussion**

Von den insgesamt 125 in der Studie analysierten Patienten erhielten wir durch die Nachuntersuchung und die Fragebogenerhebung in 112 Fällen eine auswertbare Antwort, was einer Rücklaufquote von 89,5 % entspricht. Die Auswertbarkeit des radiologischen Materials belief sich auf 88 zur Verfügung stehende Fälle, also 70,4 % des ursprünglichen Gesamtkollektives.

Die Zusammensetzung dieser Fälle unterscheidet sich hinsichtlich der Altersverteilung, Geschlechterverteilung und dem Verhältnis der vor- und nicht voroperierten Patienten nur gering vom ursprünglichen gesamten Patientengut. Somit können die Ergebnisse der ausgewerteten Fälle als repräsentativ angesehen werden. Dabei ist uns bewusst, dass insbesondere bei der Fragebogenerhebung durch die Art der Formulierung und Gewichtung der Fragen, Häufigkeit und Art der Antworten in gewissem Rahmen zu steuern sind. Wir bemühten uns daher um eine objektive und neutrale Auswertung der beschriebenen Symptome und Einschränkungen.

### **5.1 Alters- und Geschlechtsverteilung**

Das Krankheitsbild der symptomatischen Spondylolisthesis insbesondere der degenerativen Form ist gewöhnlich eine Erkrankung der zweiten Lebenshälfte. Auch in unserem Patientengut dominieren Patienten im Alter zwischen der fünften und sechsten Lebensdekade. Patienten der Altersgruppe von 50-69 machen bei uns mit 57,14% den größten Anteil des Patientenkollektivs aus. Der Altersdurchschnitt in der vorliegenden Untersuchung beträgt 57,5 Jahre. Das gesamte Verhältnis von weiblichen zu männlichen Patienten beträgt 1,38 : 1 (58 F, 42 M).

Diedrich et al. (34) kommen in einer Untersuchung von 2001 zu ähnlichen Verteilungen. Ihr Patientengut umfasst mit 38 weiblichen und 40 männlichen Patienten im Gegensatz zu den meisten anderen Studien geringfügig mehr männliche Patienten. Es wird in dieser Studie keine Angabe eines Altersdurchschnittes gemacht.

Izawa et al. (63) berichten in einer 1995 veröffentlichten Studie von einem Durchschnittsalter der in seiner Klinik einer PLIF unterzogenen Patienten von 55 Jahren. Hier überwiegt der Anteil der männlichen Patienten mit 16 deutlich dem weiblichen mit neun. In einer vergleichenden Studie von Schwab et al. (126) 1995, in der die Autoren 215 Patienten einer PLIF mit und ohne Instrumentation unterzogen

haben, beträgt das Durchschnittsalter der Patienten 53,2 Jahre bei der Gruppe, welche ausschließlich durch eine PLIF versorgt wurde und 54,4 Jahre bei den Patienten, welche einer PLIF mit Instrumentation unterzogen wurden. Das Verhältnis von Frauen zu Männern beträgt 1,57 : 1 (77 F, 49 M), in der anderen Gruppe 1,78 : 1 (57 F, 32 M).

Der Altersdurchschnitt in den aufgeführten Studien unterscheidet sich nur unwesentlich von denen in unserer Dokumentation. Auch das Geschlechterverhältnis zwischen Männern und Frauen, mit einem geringen Mehranteil der Frauen in den meisten Studien, ist mit unserem Patientengut vergleichbar.

Der fehlende Anteil von Kindern und Jugendlichen in unserem Patientengut lässt sich durch das Fehlen eines eigenständigen kinderchirurgischen Zentrums am UKBF im Zeitraum der Patientenerhebung sowie der geringen Anzahl der operationspflichtigen Fälle erklären.

Kinder und Jugendliche mit einer asymptomatischen Spondylolyse oder einer Spondylolisthesis bis 25% benötigen meist keine Therapie. Es sollte eine ausführliche Aufklärung über die Erkrankung erfolgen und regelmäßige röntgenologische Kontrollen vor allem während des Wachstumsalters empfohlen werden.

Eine Ausnahme besteht bei Heranwachsenden mit Spondylolisthesen zwischen 25 und 50%. Hier wird im allgemeinen eine Operation auch ohne auftretende Symptomatik empfohlen, um ein weiteres Fortschreiten zu verhindern und präventiv späteren Folgeschäden vorzubeugen (84).

Bei einem Abgleiten von mehr als 50% besteht eine absolute Indikation zur stabilisierenden Operation. Schlenzka et al. (122) sehen in einer 1993 veröffentlichten Studie die dorsolaterale in situ-Fusion mit autologer Spongiosa als die Methode der Wahl an.

## ***5.2 Indikationsstellung zur lumbalen interkorporellen Fusion***

Als Indikation zur interkorporellen Fusion der Lendenwirbelsäule wird in der Literatur von vielen Autoren die Spondylolisthesis Typ I – IV bei nachgewiesener Progredienz oder der Nachweis einer segmentalen Instabilität angegeben (33, 37, 54, 61, 156). Voraussetzung sind die vorhergegangene frustrane konservative Therapie und eine klinische Symptomatik im Sinne von neurologischen Auffälligkeiten sowie persistierenden, therapieresistenten Schmerzen. Dieser Indikationsstellung entspricht auch das Regime in unserer Klinik. Dennoch zeigt sich auch in relativ aktueller

neurochirurgischer Literatur ein deutliches Fehlen der Einheitlichkeit der Indikationsstellung bei verschiedenen Autoren. Brantigan und Steffee (15) behandelten beispielsweise Patienten mit zuvor fehlgeschlagenen lumbalen Fusionsoperationen inklusive der PLIF mit nachgewiesener hochgradiger Spondylolisthesis.

Im Gegensatz dazu werden bei Ray (114) und Kuslich (80) diese Faktoren als Ausschlusskriterien angesehen. Als Operationskriterien dieser Autoren werden an erster Stelle symptomatische degenerative Bandscheibenerkrankungen und erstgradige Spondylolisthesen angesehen. Ein begleitender Bandscheibenvorfall findet sich häufig in ihrem Patientengut. Einige der Patienten hatten Eingriffe an der Wirbelsäule in der Vorgeschichte, keine waren jedoch einer PLIF unterzogen worden.

Schönmayr et al (125) und Hähnel et al. (57) sehen eine Indikation zur Fusion auch bei degenerativen Bandscheibenleiden und beim Prolapsrezidiv bzw. Postdiskektomiesyndrom.

Als weitere primäre Indikation zur Fusion werden die degenerative Spinalkanalstenose, Wirbelsäulendeformitäten (40) und das Facetten-Syndrom (129) angegeben.

Hanley (54) zeigt jedoch in einer 1995 veröffentlichten Literaturübersicht über die verschiedenen Indikationen für die lumbale Fusionsoperation auf, dass die Erfolgsraten bei Krankheitsbildern mit dem Nachweis einer segmentalen Instabilität wie bei der degenerativen und isthmischen Spondylolisthese deutlich höher liegen als bei primär diskogen verursachten Beschwerden und nach fehlgeschlagener Voroperation.

### **5.3 Neurologische Befunde und Ergebnisse der Scores**

In der vorliegenden Studie wurde für die von uns angewandte Operationsmethode eine signifikante Besserung der Invalidität festgestellt. Der Waddell-Score als Maß der objektiven Behinderung besserte sich von präoperativ im Mittel von 5,2 Negativpunkten auf 1,5 Punkte. Der Beaujon-Score zur Beurteilung der Funktionseinschränkung durch neurologische Symptome verbesserte sich ebenfalls signifikant von präoperativ 7,2 auf 15,4 Punkte.

Da die Vielfalt der in vergleichbaren Studien verwendeten Scores erheblich ist, gestaltet sich die Gegenüberstellung der Ergebnisse schwierig. Lediglich Krismer et al. (79) verwendeten den Waddell-Score bei dem von ihnen dorsal und dorsoventral operierten Patientengut. Sie berichten bei den dorsal Operierten über eine Verbesserung von 3,5 auf 3,2 Negativpunkte, kommen also zu erheblich schlechteren Ergebnissen. Über die

Zeitspanne bis zur postoperativen Nachuntersuchung werden in dieser Studie keine Angaben gemacht.

Brantigan und Steffee (15) stellten 1993 die Ergebnisse von 26 Patienten vor, die einer PLIF mit Karbon-Cages unterzogen und mit dem VSP- Plattensystem versorgt wurden. Ihre klinischen Ergebnisse werden in vier verschiedene Kategorien eingeteilt (exzellent, gut, mäßig und schlecht). Nach 24 Monaten werden bei 21 Patienten (80,8%) exzellente und gute Resultate festgestellt. Nur zwei Patienten (7,7%) weisen ein schlechtes Ergebnis auf.

Suk et al. (136) stellen 1997 die Ergebnisse von 36 Patienten dar, die einer PLIF mit Instrumentation unterzogen wurden. Zusätzlich wird eine postolaterale Fusion durchgeführt. Vier weitere Patienten wurden ausschließlich mit einer postolateralen Fusion mit Instrumentation versorgt. Unter Verwendung der gleichen klinischen Einteilungskriterien wie Brantigan und Steffee ist das postoperative Ergebnis bei 35 Patienten (97,2%) exzellent oder gut, nur in einem Fall (2,8%) ist ein mäßiges Ergebnis zu verzeichnen. Die Autoren stellen außerdem eine Zunahme der schmerzfreien Gehstrecke bei 96% des Patientengutes fest. Eine ähnliche Verbesserung der Symptomatik kann auch bei unseren Patienten mit einer verbesserten Gehstrecke in 91,1 % der Fälle konstatiert werden.

Diedrich et al. qualifizieren (34) ihre klinischen Ergebnisse nach dem Score von Hambly. Hierbei wird jeweils zu einem Drittel die Schmerzintensität, die notwendige analgetische Medikation und die Alltagsaktivität berücksichtigt. Das funktionelle Ergebnis wurde vergleichend anhand der „Somatic Amplification Rating Scale“ (SARS) beurteilt. Es wurden 78 Patienten einer PLIF mit Cages und Instrumentation unterzogen. Bei der Nachuntersuchung zeigten 15% der Patienten ein sehr gutes, 51% ein gutes, 28% ein zufriedenstellendes und 4% ein schlechtes Ergebnis. Das funktionelle Ergebnis verbesserte sich von präoperativ 7,4 auf 5,1 Punkte. Interessanterweise stellen sie signifikant unterschiedliche Ergebnisse entsprechend der Ätiologie der Wirbelsäuleninstabilitäten fest. So finden sie für die degenerativen Instabilitäten ein signifikant besseres Resultat als für die postoperativen Instabilitäten.

In einer Arbeit von Matsunaga et al. (93) wird der natürliche Verlauf der degenerativen Spondylolisthese untersucht. Nach 5 -13 Jahren kam es in 30% zu einer Zunahme des Gleitvorganges. Allerdings korrelierte dieser nicht zwangsläufig mit einer klinischen Verschlechterung. 10% des untersuchten Patientengutes verschlechterte sich klinisch, die meisten zeigten subjektiv eher eine Besserung der Beschwerden.

In der vorliegenden Studie wurde bei beiden von uns verwendeten Scores eine Besserung der Invalidität gefunden.

Beim Waddell-Score konnten alle der präoperativ abgefragten gestörten Alltagsfunktionen durch die Operation als verbessert angesehen werden. Die Schmerzsituation, welche im Rahmen des Beaujon-Scores erfasst wurde, war deutlich gebessert. Präoperativ klagten 20,5% der Patienten über kontinuierliche starke Schmerzen mit Ausstrahlung in ein oder beide Beine; 41,1% gaben rezidivierende starke Schmerzattacken an. Hingegen postoperativ bei der Untersuchung im Rahmen des zehn Monats-follow-up konnten nur noch bei 10,7% ständig oder häufig starke Beinschmerzen verzeichnet werden. Isolierte starke Rücken- beziehungsweise Kreuzschmerzen wurden präoperativ von 93,75% beklagt. Postoperativ litten noch 41,1% unter leichten Beschwerden, 8% gaben rezidivierende starke Schmerzen an. Es kann den Patienten somit durch die Fusionsoperation zumindest eine Schmerz- und Funktionsverbesserung ermöglicht werden, die größer ist, als es dem natürlichen Verlauf entspricht.

Hinsichtlich der neurologischen Defizite zeigte sich bei unserem Patientengut im Rahmen des zehn Monats-follow-up ein deutlicher Rückgang der Beschwerdesymptomatik. Die Anzahl der Patienten mit neurologischen Störungen ist von präoperativ 75,1% auf postoperativ 32, 1% deutlich gesunken. Nur ein Patient, der vor der Operation keine Defizite aufwies, litt danach auch nach 10 Monaten noch unter einer mittelgradigen Fußheberschwäche.

Ähnliche Ergebnisse werden von Masferrer et al. (92) bei 95 Patienten, welche einer lumbalen Fusionsoperation mit Instrumentation unterzogen wurden, vorgestellt. Sie berichten von einem Rückgang der neurologischen Defizite bei 85% der Patienten. Kein Patient hat sich in ihrem Patientengut neurologisch verschlechtert.

Der Rückgang der neurologischen Symptome unterstreicht die Bedeutung der Dekompression neuraler Strukturen. Die PLIF- Operation bietet hierbei im Gegensatz zum ventralen Zugang die ideale Möglichkeit der suffizienten Dekompression unter direkter Sicht.

#### **5.4 Radiologische Ergebnisse und Beurteilung**

Eine genaue Beurteilung des Fusionsstatus ist insbesondere bei strahlendichten Titanimplantaten als problematisch anzusehen. Die diesbezüglichen kritischen Ausführungen von Diedrich et al. (35) 2001 zur postoperativen Beurteilbarkeit implantierter Metallcages können wir daher mit unseren eigenen Erfahrungen nur unterstützen. Auf Grund von Metallartefakten und Überlagerung ist eine eindeutige radiologische Beurteilung der Fusion oft nicht möglich. Da die Cages intraoperativ mit autologer Spongiosa gefüllt werden, kann postoperativ in vielen Fällen nicht zwischen einer vollwertigen knöchernen Fusion oder Kalzifizierung im Inneren der Implantate unterschieden werden. Diedrich et al. (34, 35) sowie Brodsky et al. (20) zweifeln aus diesen Gründen eine Beurteilung einer Fusion auf der Basis von konventionellen Röntgenaufnahmen an. Blumenthal und Gill (11) haben 1993 49 Patienten nach interkorporeller und instrumentierter Sponylodese untersucht. Sie verglichen dabei im Rahmen einer elektiven Metallentfernung nach neun Monaten die Qualität der in situ-Fusion mit den konventionellen Röntgenaufnahmen. Die Übereinstimmung zwischen radiologisch und explorativ ermittelter Fusionsrate betrug 69%. Radiologisch wurden in 42% der Fälle der Fusionsstatus falsch positiv und in 29% der Fälle falsch negativ eingeschätzt. Dieser Vergleich der chirurgischen Befunde mit der radiologischen Einschätzung zeigt, dass in einem von fünf Fällen die Röntgenaufnahmen den Fusionsgrad unterschätzen. Als Erklärung führen die Autoren an, dass prämineralisierendes Osteoid in der Fusionszone bereits fest ist, im Röntgenbild aber noch transparent erscheint. Erst solide trabekuläre Knochenbrücken lassen eine radiologisch sichere Einschätzung erwarten. Kritisch ist bei dieser Studie anzumerken, dass die Autoren die Kriterien für die Beurteilung der konventionellen Röntgenbilder nicht definieren.

Unabhängig von den kritischen Einwänden und von der Art der Implantate haben internationale Arbeitsgruppen nach PLIF mit Cages von Fusionsraten von über 80% bis 100% (3, 15, 24, 141, 154, 126) berichtet. Beim Vergleich von publizierten Fusionsraten muss auch hier festgestellt werden, dass diese gravierend von der verwendeten Messmethode abhängig sind. Einheitliche Beurteilungskriterien sind zu fordern. Übereinstimmend mit Brantigan und Steffee (15) verwendeten wir zur Beurteilung des Fusionsstatus unseres Patientengutes die von ihnen 1993 publizierte Einteilung zur Beurteilung der Fusionsgrade.

Zwar fanden wir im eigenen Patientengut keinen Nachweis einer Pseudarthrose. Die Beurteilung des Fusionsstatus konnte sich jedoch zum Teil nur auf indirekte Zeichen, wie das Fehlen von Aufhellungssäumen, sowie die unveränderte Lage der Cages beschränken. Basierend auf strengen strukturellen nativröntgenologischen Kriterien konnte eine sichere Fusion bei 51,25% und eine wahrscheinliche Fusion bei 23,75% der 80 vorliegenden Bilder nach 10 Monaten ermittelt werden. Die Röntgendichte der Titancages behinderte eine sichere Beurteilbarkeit der homogenen knöchernen Durchbauung in den konventionellen Röntgenbildern.

Funktionsaufnahmen zur Darstellung eines weiteren indirekten Zeichens für das Bestehen einer Instabilität wurden nur bei persistierend symptomatischen Fällen oder einem deutlichen Aufhellungssaum im Zentrum der Fusionsmasse durchgeführt. Hier ergab sich in keinem Fall ein Anhalt für eine segmentale Instabilität. Auch zeigte sich keine Korrelation zwischen Beschwerdesymptomatik und Fusionsstatus, da 14 der mit unsicherem Fusionsstatus klassifizierten Patienten über keine persistierenden Beschwerden klagten. Diese Beobachtung stimmt überein mit den Ausführungen von Chitnavis et al. (26) 2001, die bei ihrem Patientengut postoperativ bei unsicherem Fusionsstatus ebenfalls keine Korrelation zur Schwere der Beschwerden feststellen konnten und auch keinen Nachweis für eine erneute segmentale Instabilität fanden. Weiner und Fraser (147) weisen 1998 in ihrer vergleichenden Studie über verschiedene Arten und Eigenschaften der häufig verwendeten Cage-Typen auf die Problematik der Beurteilbarkeit der Fusion bei Metallinterponaten insbesondere beim nicht beschwerdefreien Patienten hin. Sie vermuten die Quelle der Beschwerden in Microbewegungen auf der Grundlage einer nicht sichtbaren Pseudarthrose und stellen kritisch die Frage in den Raum, ob unter diesen Umständen eine operative Exploration vertretbar ist.

Die hohe Anzahl der Spinalkanalstenosen in unserem Patientengut ( 90,7% bei 108 ausgewerteten CT, MRT oder Myelographien) ist durch den hohen Anteil degenerativer Leiden im Gesamtkollektiv der Patienten erklärbar. Nach den Einteilungskriterien von Wiltse und Rothmann (151) 1989 wurden 65 unserer Patienten (59,8%, n=112) dem degenerativen Typ III zugeordnet. 67 Patienten (76,1%, n=88) zeigten in den konventionellen Röntgenaufnahmen starke bis massive Veränderungen im Bereich der LWS.

Bei 112 Patienten wurde die Höhe des Zwischenwirbelraumes prä- und postoperativ verglichen. Die durchschnittliche postoperative Höhenzunahme war 5,2 mm. Diesbezüglich fanden sich keine verfügbaren Literaturangaben zum Vergleich.

Eine postoperativ nachweisbare Spondylolisthesis Grad eins nach Meyerding wurde in 12,5 % der Fälle registriert. Keiner der Patienten wies postoperativ eine höhergradige Verschiebung auf. Unsere Ergebnisse zeigen, dass es im Rahmen des operativen Ablaufes bei der durchgeführten Dekompression der dorsalen Strukturen und durch die Lagerung des Patienten zu einer weitgehenden spontanen Reposition der I. und II. gradigen Spondylolisthesis ohne weitere Manipulation kommt. Diese wurde durch die Instrumentation vervollständigt und fixiert.

Weiner und Fraser (147) bemerken in ihrer 1998 veröffentlichten Ausführungen, dass bislang kontrollierte Studien ausstehen, in denen ein Zusammenhang zwischen der Wiederherstellung der physiologischen Zwischenwirbelhöhe sowie eines Alignements der Lordose, verbunden mit der Entlastung entsprechender neurologischer Strukturen, zu einer Verminderung der Beschwerdesymptomatik führt.

Eine entscheidende Tatsache bei der Indikationsstellung zur Operation und Reposition ist, dass auch gering- und mittelgradige Ventrolisthesen klinisch bedeutsam sein können. Ihr Einfluss auf die Funktion der Wirbelsäule insgesamt ist jedoch gering. Dick und Elke (32) zeigen dies mit ihren biomechanischen Untersuchungen „Die Bedeutung des sagittalen Profils und der Reposition bei der Spondylolisthesis Grad III-IV“. Sie betonen den größeren Einfluß der kyphosierenden Abkipfung des Gleitwirbels im Vergleich zur deckplattenparallelen Ventralverschiebung auf Statik und Funktion. Die Ventralverschiebung bleibt für Form und Funktion relativ unbedeutend, solange keine Nervenwurzelkompression auftritt. Zur Kompensation reicht eine geringe Hyperlordosierung der LWS aus. Die Kyphosekomponente hat hingegen über ein bestimmtes Winkelmaß hinaus starke auch funktionell relevante Kompensationsmechanismen zur Folge. Dies ist zum einen die maximale Lordosierung der Lendenwirbelsäule mit Hyperkyphosierung der Brustwirbelsäule und zum anderen die allmähliche Aufrichtung des Sakrums durch Hyperextension der Hüftgelenke. Im Extremfall erfolgt ein weiterer Ausgleich über die Flexion der Kniegelenke. Diese Kompensationsmechanismen kommen aber erst bei hochgradigen Spondylolisthesen ( Grad III und IV) zum tragen. Auch gibt es bisher keine einheitliche Angabe eines Kyphosewinkels, der ein reponierendes Vorgehen indiziert. Insgesamt wird klar, dass der operative Therapieansatz und die Entscheidung zur Reposition sehr differenziert

betrachtet werden muss. Verschiedene Autoren (9, 40, 123) geben auch zu bedenken, es komme zu dem Zeitpunkt, in dem der Patient wieder eine aufrechte Position einnimmt, zu einer zusätzlichen Belastung des Instrumentariums. Dieses müsse nun allein den einwirkenden Scherkräften entgegenwirken, da dorsale Elemente nun nicht mehr vorhanden sind. Folglich bestehe eine höhere Gefahr eines Materialversagens. Außer bei höhergradigen Spondylolisthesen wird daher kein Vorteil in einer Reposition gesehen.

Hohmann und Stürz (60) fassen in einer Übersichtsarbeit 1997 die Differentialindikationen zur lumbosakralen Fusions- und Repositionsoperation beim Wirbelgleiten zusammen. Sie kommen dabei zu dem Schluss, dass eine alleinige dorsale oder ventrale Fusion bei erstgradigen Dislokationen als ausreichend zu betrachten sei. Bei zweit- und höhergradigen Spondylolisthesen befürworten sie jedoch eine dorsoventrale Spondylodese mit anatomischer Reposition des Gleitwirbels. Dabei wird die Reposition in mehreren Operationsschritten mit einem Fixateur externe als Repositionsinstrument und einem internen Fixateur zur Stabilisierung mit vertretbarem neurologischen Risiko als Methode der Wahl angesehen. Abgesehen von einigen ausgesuchten Falldarstellungen, werden die Komplikationen und Ergebnisse des eigenen Patientengutes jedoch nicht dargestellt.

### **5.5 Komplikationen**

Es handelt sich bei unserer Studie um keine vergleichende Studie. Unsere Ergebnisse und Komplikationen können mit ähnlichen Studien über andere Fusionstechniken in der Literatur verglichen werden, aber wir haben keine Kontrollgruppe in unser Patientengut mit einbezogen. Unser Ziel war vielmehr, unsere mittelfristigen Resultate dieser Operationstechnik zu präsentieren und damit eine sinnvolle Alternative für angemessen ausgesuchte Patienten aufzuzeigen.

Insgesamt traten Komplikationen bei 37 von 112 Patienten (33,03%) auf, in zehn Fällen (8,9%) war eine Reoperation erforderlich. Wir unterteilten die beobachteten Komplikationen nach ihrem Auftreten in intraoperative (14,08%), Früh- (8,93%) und Spätkomplifikationen (8,03%). Betrachtet man die Gesamtkomplikationsrate ohne Differenzierung und Wertung der Schwere der einzelnen Komplikationen, liegt diese höher als der Durchschnitt bei vergleichbaren Studien. Allerdings sind im aktuellen Schrifttum deutliche Schwankungen zu verzeichnen.

Chang et al. (24) berichten bei 14 Patienten über eine Komplikationsrate von 14,2%. Es handelt sich hierbei um zwei Fälle von Schraubenbrüchen.

Suk et al. (136) verzeichnen jeweils eine postoperative Wundinfektion und eine neurologische Verschlechterung bei den 36 untersuchten PLIF-Patienten (5,5%).

In einer 1998 veröffentlichten Studie beurteilen Masferrer et al. (92) die Effektivität der Instrumentierung mit Pedikelschrauben bei 95 Patienten mit segmentaler Instabilität und Failed-back-surgery-syndrom. Wie in unserer Erfassung erfolgt hier eine genaue Unterscheidung der intraoperativen, postoperativ früh und spät aufgetretenen Komplikationen. Die Autoren verzeichnen in ihrem Patientengut bei acht Patienten (8,4%) Komplikationen während des Eingriffes. Genannt werden vier fehlplatzierte Schrauben, zwei Verletzungen der Dura, ein Schraubenbruch und eine Bluttransfusion nach hohem Blutverlust. Unmittelbar nach der Operation zeigen sich in zehn Fällen Wundinfektionen und –heilungsstörungen sowie eine neu aufgetretene neurologische Verschlechterung (11,6%). Im weiteren Verlauf kommt es bei einem Patienten zur Materiallockerung, es wird bei vier Patienten wegen eines persistierenden Wundinfektes oder anhaltender starker Schmerzen der Fixateur interne entfernt (5,26%). Bei drei Patienten lässt sich innerhalb von acht Monaten die Ausbildung einer Pseudarthrose erkennen (3,15%). Insgesamt ergibt sich somit eine Komplikationsrate von 28,4%.

Agazzi et al. berichten bei ihren 71 Patienten, die zwischen 1995 und 1997 einer PLIF mit Cages und Instrumentierung unterzogen wurden, von einer Komplikationsrate von 12,6%.

Die chirurgische Wundinfektion ist eine wohlbekanntes Komplikation aller invasiven Therapien. Wundinfektionen nach einer PLIF werden in der Literatur mit 2,6–6% angegeben (47, 152, 126). Bei unserem Patientengut wurde in 6 Fällen (5,36%) in der frühen postoperativen Phase eine lokale Wundinfektion festgestellt. Dieses Ergebnis steht in Übereinstimmung mit entsprechenden Literaturangaben.

Eine definitive Klärung der Frage, warum die Rate der Komplikationen in den unterschiedlichen Studien so stark differiert, lässt sich an dieser Stelle nicht erreichen. Zum einen spielt die unterschiedliche Definition der operationsbedingten Komplikation sicherlich eine Rolle, zum anderen variiert die in den verschiedenen Studien angegebene Fallzahlstärke des Patientengutes (14–112) zu sehr, um direkte Vergleiche anzustellen. Mögliche externe Faktoren wie die Anzahl der beteiligten Operateure und der

unterschiedliche Zeitpunkt der Einführung der PLIF in der jeweiligen Klinik mögen zu diesen Schwankungen beitragen.

Betrachtet man die Anzahl der revisionspflichtigen Komplikationen, liegen unsere Ergebnisse nicht über der von verschiedenen Autoren angegebenen Rate. Diedrich et al. (34) kommen bei 78 Patienten auf eine Reoperationsrate von 9%. Die Autoren erläutern genau die Gründe für die Folgeeingriffe: Es erfolgten zwei Hämatomausräumungen, eine Wundrevision, zwei Entfernungen von intraspinalem Narbengewebe mit erneuter Dekompression und die Revision einer Liquorfistel. Diese Indikationen zur Reintervention finden sich auch in ähnlicher Anzahl in unserem Patientengut.

Brantigan und Steffee (15) hingegen kommen in ihrer 1993 veröffentlichten Studie auf eine Gesamtkomplikationsrate von 3,8% und nennen lediglich einen Fall mit einer neurologischen Verschlechterung. Dennoch werden fünf ihrer Patienten (19,2%) nach 12- 24 Monaten einer Folgeoperation unterzogen.

Bei dem Patientengut von Agazzi et al. werden insgesamt sechs Patienten (7,8%) einer Folgeoperation unterzogen. Als Gründe hierfür werden persistierende und gleichbleibende Kreuzschmerzen sowie in zwei Fällen eine Radikulopathie angegeben. Im Rahmen einer „historischen Kohorten-Studie“ unter Einschluss von operativen und klinischen Ergebnissen führen Yuan et al. (152) die Reoperationsrate von 2153 Patienten auf, die einer Fusionsoperation mit Instrumentierung unterzogen wurden. Insgesamt werden 17,6 % der Patienten einer Folgeoperation unterzogen. 18,8% der Operationen stehen in direktem Zusammenhang mit der Instrumentierung. Verglichen mit der Reoperationsrate von 15,0% der Patienten, die ausschließlich einer Fusion ohne Instrumentierung unterzogen wurden, zeigt sich eine leicht höhere Reinterventionsrate. Insgesamt war bei unserem Patientengut in 2,6% der Fälle aufgrund von gelockerten Pedikelschrauben und einer Fehlplatzierung ein erneuter operativer Eingriff notwendig. Es ist also eine erhöhte Komplikationsrate aufgrund der dorsalen Instrumentierung anzunehmen. In der vorliegenden Studie wurden die Patienten ausschließlich mit einer zusätzlichen Instrumentation versorgt, so dass kein Vergleich zur Reoperationsrate bei der reinen Fusionsoperation gemacht werden kann. Yuan et. al resümieren jedoch für das Krankheitsbild der degenerativen Spondylolisthese, dass die Vorteile der Pedikelverschraubung, die sich in den besseren klinischen Ergebnissen und den erhöhten Fusionsraten manifestieren, erheblich größer sind als die damit verbundenen potentiellen Risiken.

## **5.6 Subjektive Patientenzufriedenheit und postoperative Erwerbstätigkeit**

Bei der abschließenden Befragung der Patienten kann festgestellt werden, dass die überwiegende Mehrheit subjektiv von der PLIF mit dorsaler Instrumentation profitiert hat. Von dem Gesamtgut der Patienten schätzen 87,5% Patienten das Operationsergebnis als „sehr gut“ oder gut ein. Auf die Frage, ob sie sich unter Berücksichtigung der gemachten Erfahrungen wieder einer PLIF mit Instrumentation unterziehen lassen würden, antworteten 91 Patienten ( 81,3%) mit ja.

Die Einschätzung des Operationserfolges entspricht den Ergebnissen vergleichbarer Arbeiten von Brantigan und Steffee 15) mit einer Erfolgsrate von 80% bei einem Follow-up nach 24 Monaten und Lübbers et al. (88) von 79% im Rahmen einer Nachuntersuchung nach 12 Monaten.

Die allgemeine Patientenzufriedenheit steht nicht unbedingt in Zusammenhang mit den klinischen Untersuchungsergebnissen. So war bei einigen Patienten, deren postoperative klinische Ergebnisse nur eine geringe Verbesserung zeigten, der Grad der subjektiven Zufriedenheit größer, als bei Patienten mit einem deutlich besseren postoperativen Verlauf. Die individuelle Leidensgeschichte, das soziale Umfeld und das persönliche Krankheitserleben dürften hier eine übergeordnete Rolle spielen.

Ähnliche Beobachtungen machen auch Agazzi et al. (3) bei dem von ihnen untersuchten Patientengut. Bei ihrer Nachuntersuchung sind 66% der Patienten mit dem Ergebnis der Operation zufrieden und würden sich nochmals einem solchen Eingriff unterziehen. Sie vergleichen diese Ergebnisse mit denen aus dem objektiveren Prolo-Score. Dabei erzielen nur 39% der Patienten ein sehr gutes oder gutes Ergebnis. Die Autoren heben eine signifikante Assoziation zwischen den subjektiven klinischen Ergebnissen und dem präoperativen Beschäftigungsstatus hervor. So ist die Beschwerdeminderung nach dem Eingriff bei der Gruppe der Patienten, die vorher in Erwerbsminderungsverfahren verwickelt war geringer als bei der, die es nicht war.

Von 63 Patienten, die präoperativ noch arbeiteten, gingen 46 postoperativ noch einer Tätigkeit nach. 40 Patienten blieben im gleichen Beruf, während sechs angaben, einen anderen körperlich leichteren Beruf auszuüben. 16 Patienten beantragten eine Rente oder waren in einem Fall als arbeitssuchend gemeldet. Betrachtet man das Gesamtkollektiv der Patienten, so sank die Rate der Erwerbstätigen von präoperativ

56,3% auf 41,1%. Von den übrigen 49 Patienten, welche nicht berufstätig waren, hat keiner wieder eine regelmäßige Arbeit aufgenommen. Diese wenig erfreulichen Daten müssen unter verschiedenen Gesichtspunkten betrachtet werden. So akquiriert sich der bereits vorher nicht erwerbstätige Teil der Patienten zum einen aus dem Patientengut von über 65 Jahren, zum anderen aus einem Personenkreis aus sozial eher schwachen Verhältnissen. Nach wenigen Monaten Krankenstand werden diese Patienten in zeitlich begrenzte Frühpension geschickt. Es bestehen dann wenig Hürden, definitiv eine dauerhafte Invaliditätsrente zu bekommen. Bei einem Verlust des Arbeitsplatzes ist es außerdem für einen über 40 Jahre alten, wenig qualifizierten Arbeitnehmer mit einer Anamnese von chronischen Rückenschmerzen sehr schwer einen neuen Arbeitsplatz zu finden. Anstrengungen müssen daher unternommen werden, wenigstens bei Patienten mit einem bei Operation bestehenden Arbeitsverhältnis den Krankenstand möglichst kurz zu gestalten. Der durchschnittliche Zeitraum nach der Operation bis zur Wiederaufnahme der Arbeit betrug bei unserem Patientengut 3,1 Monate. Dies liegt deutlich unter dem mittleren Zeitraum der Arbeitsunfähigkeit, die bei anderen Autoren angegeben werden. Dumas und Walker (36) berichten beispielsweise über eine postoperative Arbeitsunfähigkeit von 4,5 Monaten bei ihrem Patientengut.

Agazzi et al (3) berichten über eine postoperative Erwerbstätigkeit von 46% bezogen auf die auch vorher arbeitenden Patienten in ihrem Patientengut. Sie stellen des Weiteren fest, dass fast alle Patienten bis auf zwei, die vorher ein Erwerbsminderungsverfahren angestrebt hatten, nicht in die Erwerbstätigkeit zurückkehrt sind.

Petersen et al. (110) zeigten einen direkten Zusammenhang des postoperativen Ergebnisses nach lumbalen Spondylodesen und der sozialen Situation der Patienten auf. Auch wir fanden eine gewisse Übereinstimmung zwischen der Unzufriedenheit über den Operationserfolg und bestehenden Problemen bei Arbeitslosigkeit oder Berentung.

### ***5.7 Beurteilung unterschiedlicher Operationsmethoden bei der lumbalen Fusion***

Seit der Entwicklung der spinalen Fusionsoperation sind viele verschiedene Methoden, wie beispielsweise die unilaterale Fusion nach Hambly (52) oder die Stabilisierung über eine Sakralplatte nach Schöllner (124), beschrieben worden. Welches Operationsverfahren unter welcher Indikationsstellung angewandt werden sollte, bleibt bis heute Gegenstand intensiver Diskussion. Als vertretbare und erfolgreiche Methoden

zur operativen Therapie der segmentalen Instabilität haben sich jedoch nur die dorsale und ventrale Fusion in Kombination mit einer dorsalen Instrumentation herausgestellt. Rein ventrale Operationsverfahren werden heute nur noch selten angewandt. Die Gefahren der Verletzung großer iliakaler Gefäße und präsakraler Nervenplexusläsionen, (die aber auch für ein kombiniertes Vorgehen gelten!) und die Tatsache, dass die ventrale Verblockung alleine häufig unzureichend ist, sprechen für eine zusätzliche dorsale Instrumentierung.

Alleinige ventrale interkorporelle Spondylodesen ohne dorsale Instrumentation zeigen außerdem eine deutlich höhere Pseudarthroserate (141). Dennoch berichtet Cheng et al. (25) über klinisch gute Ergebnisse bei dem von ihm untersuchten Patientengut. Andere Autoren wie Zippel (155) und Metz-Stavenhagen (96) sprechen sich gegen die alleinige ventrale Fusion aus. Dorsale Strukturen, wie zum Beispiel die Lysezone und die kleinen Wirbelgelenke können nicht zugänglich gemacht werden und pathologische Veränderungen in diesen Bereichen bleiben unbehandelt. Aus den dort wirksamen Scherkräften, kann eine fortbestehende Instabilität resultieren, die wiederum das Auftreten einer Pseudarthrose begünstigt.

Wir konnten bei unserem Patientenkollektiv keine schwerwiegenden enterologischen, urologischen oder kardiopulmonalen Komplikationen feststellen. Andere Studien zeigen dagegen besonders bei älteren Patienten ein erhöhtes allgemeines Risiko bei kombinierten ventro-dorsalen Techniken(8, 28, 47, 62, 66, 111, 143). Beim transperitonealen ventralen Zugang kann gehäuft ein paralytischer Ileus, beim retroperitonealen Zugang eine Verletzung des Truncus sympathicus sowie eine Schädigung des Plexus hypogastricus mit postoperativer Sexualfunktionsstörung (retrograde Ejakulation) auftreten. Auch mit Einführung der minimal-invasiven transperitonealen und retroperitonealen Zugänge, kann es durch anatomische Varianten oder Verwachsungen zu gefürchteten Gefäßverletzungen (V. iliaca communis) kommen. In der Literatur wird die Komplikationsrate bei der ventralen intercorporellen Fusion von 3% bis 30% angegeben (8, 47, 62, 67,109, 112, 116). Bei rein dorsaler Intervention mit Instrumentation kann dem Patienten ein zusätzlicher ventraler Eingriff bei vergleichbarer Stabilität erspart werden.

Weitere Vorteile des rein dorsalen Vorgehens bestehen in dem Erhalt des vorderen Längsbandes, wodurch eine gute Rekonstruktion der Lordose erleichtert wird.

In einer 1997 veröffentlichten retrospektiven Studie stellen Krismer et al. 76 Patienten, die einer PLIF mit Instrumentation unterzogen wurden 46 Patienten gegenüber, bei denen ein dorsoventraler Eingriff erfolgte. Zusammenfassend wird eine bessere Schmerzlinderung bei den kombinierten Fällen bei einer höheren Komplikationsrate festgestellt. Die Schmerzbesserung bei den kombiniert Operierten geht allerdings weder mit einer stärkeren Besserung der Funktion (Invalidität) noch mit einer niedrigeren Quote der postoperativen Arbeitsunfähigkeit einher. Es kann daher aus den vorliegenden Daten keine Ursache für die größere Schmerzbesserung der kombiniert Operierten abgeleitet werden.

Aus der Vielfalt der zur Verfügung stehenden Operationsmethoden stellt die posteriore lumbale intercorporelle Fusion mit Cages und Instrumentation ein angemessenes und erfolgreiches Verfahren dar. Der dorsale Zugang erlaubt eine gleichzeitige Dekompression der neuralen Strukturen, es kann bei vergleichbarer Stabilität auf einen ventralen Eingriff verzichtet werden.

Die vorliegenden Ergebnisse der PLIF mit dorsaler Instrumentation und der Verwendung von Cages zeigen hinsichtlich der postoperativen Beschwerdesymptomatik ein zufriedenstellendes Resultat, so dass hier von einer Stabilisierungsmethode ausgegangen werden kann, die perspektivisch als positiv einzustufen ist.

Hinsichtlich des Alters der Patienten und des Grades der Spondylolisthese, sollte die Indikation zur Operation kritisch gestellt werden. Der klinische Erfolg bei der PLIF-Operation mit dorsaler Instrumentation ist zu einem nicht unerheblichen Maas abhängig von der genauen Indikationsstellung unter Berücksichtigung sämtlicher beeinflussender Faktoren. Entscheidend sind auch Motivation und Erwartung des Patienten.

Ob auch bei geringgradiger Dislokation eine Reposition angestrebt werden sollte, bleibt Gegenstand weiterer Diskussion und Forschung.

## 6. Zusammenfassung

Die PLIF mit interkorporellen Implantaten richtet den Zwischenwirbelraum wieder auf und entlastet die Nervenwurzeln. Bedingt durch die Operationsmethode resultiert daraus eine Destabilisierung aller drei Säulen der lumbalen Wirbelsäule. Aus diesem Grund sollte die PLIF immer mit einer dorsalen Instrumentierung kombiniert werden. Diese bietet neben der sofortigen und suffizienten Stabilität eine Ruhigstellung des häufig osteochondrotisch geschädigten Segmentes.

Wir haben 112 Patienten, die mit einer PLIF (sowie corticospongiosa gefüllten Cages und Fixateur interne) versorgt wurden, nach drei und zehn Monaten nachuntersucht.

Das Durchschnittsalter der Patienten betrug 57,5 Jahre zum Zeitpunkt der Operation.

Bei dem zehn Monats-Follow-up zeigte sich in 76 Fällen (67,9%) kein neurologisches Defizit mehr. Bei 91% verlängerte sich die Gehstrecke. Der Waddell-Score als Parameter für die Funktionseinschränkung senkte sich im Mittel von 5,2 auf 1,5 von 9 Negativpunkten. Der Beaujon-Score, eingesetzt zur Messung der Funktionseinschränkung durch neurologische Symptome, erhöhte sich im Mittel von 7,2 auf 15,4 von 20 Punkten.

Bei der subjektiven Beurteilung des Erfolges durch die Patienten schätzten 87,5% das Ergebnis als sehr gut und gut ein. Dagegen beurteilten 12,6% den Erfolg als mäßig oder schlecht.

Vor der Operation waren insgesamt 56,3% der Patienten erwerbstätig. Postoperativ sank diese Rate auf 41,1%.

Komplikationen verschiedener Schweregrade traten insgesamt bei 37 Patienten (33,03%) auf, eine Reintervention war in 10 Fällen (8,9%) erforderlich.

Die überwiegend guten Ergebnisse bei 112 durchgeführten Operationen im eigenen Krankengut erleichtern die Indikationsstellung bei zukünftigen Entscheidungen. Beschwerdepersistenz oder –zunahme nach ausgeschöpfter, erfolgloser konservativer Therapie und neurologische Defizite, sowie eine deutliche Progredienz der Spondylolisthese rechtfertigen ein operatives Vorgehen.

Zum Erreichen des Operationszieles stehen zahlreiche Methoden zur Verfügung. Die Vorteile eines rein dorsalen Vorgehens liegen in der Vermeidung eines zweizeitigen

größeren Operationstraumas und der Unversehrtheit des vorderen Längsbandes als Voraussetzung für eine optimale Rekonstruktion der Lordose. Des Weiteren können durch den anterioren Zugang bedingte viscerale, vasculäre und nervale Komplikationen vermieden werden. Die Berechtigung einer dorsalen Vorgehensweise ließ sich anhand der überwiegend guten Fusions- und Operationsergebnisse unserer Nachuntersuchungsstudie bestätigen.

Interkorporelle Implantate bieten im Vergleich zu autologen oder homologen Knochentransplantaten eine höhere Primärstabilität. Ob es jedoch im Inneren der Implantate zu einer vollständigen knöchernen Fusion kommt, ist nicht vollständig bewiesen. Insbesondere Titancages stellen ein diagnostisches Problem hinsichtlich der postoperativen Beurteilung einer soliden Durchbauung im fusionierten Segment dar. Langzeitergebnisse zur Beurteilung der klinischen radiologischen Verläufe stehen noch aus. Eine Korrelation zwischen klinischen Ergebnissen und Fusionsstatus konnte nicht festgestellt werden.

## 7. Anhang

### Fragebogen zur posterioren lumbalen interkorporellen Fusion

(Stabilisierungsoperation der Lendenwirbelsäule)

Postoperative Evaluierung

#### Allgemeine Daten:

Name:	Vorname:
Alter:	Gewicht:
Größe:	
Operationsdatum:	

#### Berufliche und allgemeine Aktivitäten vor und nach der Operation:

1. Welchen Beruf übten Sie vor der Operation aus?	
2. Bestand vor der Operation eine Arbeitsunfähigkeit?	<input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/> Ja      Dauer: _____
3. Welche berufliche Tätigkeit üben Sie heute aus?	
4. Haben Sie sich nach der Wirbelsäulenoperation beruflich verändert?	<input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/> Ja ( ) Umschulung zu: _____ ( ) Wechsel in ein leichteres Betätigungsfeld innerhalb Ihres Berufsfeldes Tätigkeit: _____ ( ) arbeitssuchend ( ) Rente beantragt, Rente ab: _____
5. Wie lange konnten Sie nach der Operation keine berufliche Tätigkeit ausüben?	

<p>6. Sind sie wieder bzw. noch sportlich aktiv?</p>	<p><input type="checkbox"/> Nein</p> <p><input type="checkbox"/> Ja</p> <p>Sportarten: _____</p> <p>Wie oft wöchentlich _____</p>
<p>7. Sind Sie weiterhin beim Verrichten alltäglicher Tätigkeiten beeinträchtigt?</p>	<p><input type="checkbox"/> Nein</p> <p><input type="checkbox"/> Ja</p> <p>( ) Gehen</p> <p>( ) Anheben von schweren Lasten</p> <p>( ) Sitzen</p> <p>( ) Stehen</p> <p>( ) Ankleiden</p>
<p>8. Bestehen weitere Einschränkungen im täglichen Leben?</p>	<p><input type="checkbox"/> Nein</p> <p><input type="checkbox"/> Ja</p> <p>( ) Sozialleben</p> <p>( ) Sexualleben</p> <p>( ) Nachtschlaf</p>
<p>Die unter den Punkten 7 und 8 aufgeführten Einschränkungen sind im Vergleich zu der Zeit vor der Operation (bitte jeden Punkt einzeln aufführen)</p> <p>1 schlechter</p> <p>2 gleichbleibend</p> <p>3 leicht gebessert</p> <p>4 deutlich gebessert</p>	<p>Gehen (1) (2) (3) (4)</p> <p>Anheben von schweren Lasten (1) (2) (3) (4)</p> <p>Sitzen (1) (2) (3) (4)</p> <p>Stehen (1) (2) (3) (4)</p> <p>Ankleiden (1) (2) (3) (4)</p> <p>Sozialleben (1) (2) (3) (4)</p> <p>Sexualleben (1) (2) (3) (4)</p> <p>Nachtschlaf (1) (2) (3) (4)</p>
<p>9. Wodurch sind Sie noch am meisten eingeschränkt?</p>	
<p>10. Sind zwischenzeitlich weitere Operationen an der Wirbelsäule erfolgt?</p>	<p><input type="checkbox"/> Nein</p> <p><input type="checkbox"/> Ja</p> <p>Art der Operationen:</p> <p>_____</p>

<b>Schilderung der aktuellen Beschwerdesituation:</b>	
11. Rückenschmerzen:	<input type="checkbox"/> vollkommen verschwunden <input type="checkbox"/> deutlich gebessert <input type="checkbox"/> geringfügig gebessert <input type="checkbox"/> unverändert <input type="checkbox"/> stärker als vor der Operation
12. Bei weiter bestehenden Schmerzen:	Verspüren Sie die Schmerzen <input type="checkbox"/> ständig <input type="checkbox"/> in Intervallen <input type="checkbox"/> selten
13. Wann sind die Schmerzen am stärksten?	In Ruhe <input type="checkbox"/> keine <input type="checkbox"/> gering <input type="checkbox"/> stark <input type="checkbox"/> unerträglich bei Belastung <input type="checkbox"/> keine <input type="checkbox"/> gering <input type="checkbox"/> stark <input type="checkbox"/> unerträglich
14. Bei welchen Belastungen treten die Schmerzen vor allem auf?	
15. Beinschmerzen:	<input type="checkbox"/> vollkommen verschwunden <input type="checkbox"/> deutlich gebessert <input type="checkbox"/> geringfügig gebessert <input type="checkbox"/> unverändert <input type="checkbox"/> stärker als vor der Operation
16. Bei weiter bestehenden Schmerzen:	Verspüren Sie die Schmerzen <input type="checkbox"/> ständig <input type="checkbox"/> in Intervallen <input type="checkbox"/> selten
17. Wann sind die Schmerzen am stärksten?	In Ruhe <input type="checkbox"/> keine

	<input type="checkbox"/> gering <input type="checkbox"/> stark <input type="checkbox"/> unerträglich bei Belastung <input type="checkbox"/> keine <input type="checkbox"/> gering <input type="checkbox"/> stark <input type="checkbox"/> unerträglich
18. Bei welchen Belastungen treten die Schmerzen vor allem auf?	
19. Welches Bein ist betroffen ?	<input type="checkbox"/> rechts <input type="checkbox"/> links <input type="checkbox"/> beide
20. Wie ist die Ausstrahlung der Beinschmerzen?	<input type="checkbox"/> wie vor der Operation <input type="checkbox"/> andere Ausstrahlung Bitte genaue Beschreibung und Lokalisation: _____ _____
21. Wie weit können Sie ohne Schmerzen Gehen?	Ohne Schmerzen _____ Meter oder _____ Minuten Mit Schmerzen _____ Meter oder _____ Minuten
<b>Sensibilitätsstörungen (Gefühlsstörungen)</b>	
22. Art der Missempfindungen:	<input type="checkbox"/> Taubheits- Pelzigkeitsgefühl <input type="checkbox"/> Kribbelgefühl (wie Ameisenlaufen) <input type="checkbox"/> brennende Missempfindungen <input type="checkbox"/> Andere <input type="checkbox"/> keine
23. Bei Missempfindungen: Wo? Bitte genaue Beschreibung wie z.B. Oberschenkelinnen- oder Oberschenkelaußenseite,	Wo: _____

24. Haben sie die Sensibilitätsstörungen	Auftreten <input type="checkbox"/> ständig <input type="checkbox"/> in Intervallen <input type="checkbox"/> selten
<b>Schwäche der Beine</b>	
25. Leiden Sie unter einem bleibenden Kraftverlust oder einer Kraftminderung?	<input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Heben des Fußes und der Zehen <input type="checkbox"/> Streckschwierigkeiten im Knie mit Einknicken <input type="checkbox"/> Stand auf Zehenspitzen
26. Haben Sie Schwierigkeiten beim Wasserlassen oder Stuhlgang?	<input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> unkontrollierter Harnabgang <input type="checkbox"/> unkontrollierter Stuhlabgang
27. Leiden Sie unter weiteren, bisher nicht erwähnten, Beschwerden?	<input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/> Ja Welche: _____
<b>Beurteilung des Operationserfolges</b>	
28. Die vor der Operation bestehenden Beschwerden sind durch den Eingriff aus Ihrer jetzigen Sicht	<input type="checkbox"/> verschlechtert <input type="checkbox"/> unverändert <input type="checkbox"/> verbessert
29. Würden Sie sich bei ähnlichen Beschwerden erneut einer derartigen Operation unterziehen?	<input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/> Ja
30. Wie beurteilen Sie das Ergebnis Ihrer Operation?	<input type="checkbox"/> sehr gut <input type="checkbox"/> gut <input type="checkbox"/> mäßig <input type="checkbox"/> schlecht

## 8. Literaturverzeichnis

1. Adams MA, Hutton WC. The mechanical function of the lumbar apophyseal joints: Spine 1983; 8: 327-330.
2. Aebi M, Etter C, Kehl T, Thalgott, J. The internal skeletal fixation system: A new treatment of thoracolumbar fractures and other spinal disorders: Clin Orthop 1998; 227: 30-43.
3. Agazzi S, Reverdin A, May D, Posterior lumbar Interbody fusion with cages: An independent review of 71 cases: J Neurosurg 1999; 91 (2 Suppl): 186-192.
4. Albee FH. Spondylolisthesis: J Bone Joint Surg 1927; 9.
5. Andry N. La Veuve Alix 1741. In: A. Miller, ed. L'orthopédie Paris 1741; London.
6. Apel DM, Lorenz MA, Zindrick MR. Symptomatic spondylolisthesis in adults four decades later: Spine 1989; 14: 345-348.
7. Arai Y, Takahashi M, Kurosawa H, Shitoto K. Comparative study of iliac bone graft and carbon cage with local bone graft in posterior lumbar interbody fusion.: J Orthop Surg (Hong Kong) 2002; 10(1): 1-7.
8. Baker JK, Reardon PR, Reardon MJ, Heggenes MH. Vascular injury in anterior lumbar surgery: Spine 1993; Nov 18(15): 2227-2230.
9. Baldwin NG. Lumbar Spondylolysis and Spondylolisthesis. In: Menezes AH, Sonntag VKH eds. Principles of Spinal Surgery. New York, McGraw-Hill 1996; Vol 1 681-703.
10. Blackburne JS. Spondylolisthesis. in sportsmen: J R Coll Surg (Edinb) 1989; 34: 12-14.
11. Blumenthal SL, Gill K. Can lumbar spine radiographs accurately determine fusion in postoperative patients? Spine 1993; 18: 1186-1189.

12. Boos N, Marchesi D, Zuber K, Aebi M. Treatment of severe spondylolisthesis by reduction and pedicular fixation: Spine 1993; 18: 1655-1661.
13. Boxall D, Bradford DS, Winter RB, Moe JH. Management of severe spondylolisthesis in children and adolescents: J Bone Joint Surg Am 1979; 61: 479-495.
14. Böttcher T, Engelhardt S, Kertenhaus M, Lendenwirbelsäule. In: Netter FH ed. Netters Orthopädie. Stuttgart, New York, Thieme Verlag 2002; 378-386.
15. Brantigan JW and Steffee AD. A carbon fiber implant to aid interbody lumbar fusion. Two-year clinical results in the first 26 patients: Spine 1993; 18: 2106-2117.
16. Brantigan JW, Steffee AD, Cunningham BW, Wang H, Orbegoso CM. Interbody lumbar fusion using a carbon fiber cage implant versus allograft bone. An investigational study in the Spanish goat: Spine 1994; Jul 1: 1436-1444.
17. Brantigan JW. Pseudarthrosis rate after allograft posterior lumbar interbody fusion with pedicle screw and plate fixation: Spine 1994; 19: 1271-1279.
18. Bridwell KH. The role of fusion and instrumentation in the treatment of degenerative spondylolisthesis: J Spin Dis 1994, 6: 461-472.
19. Brislin B and Vaccaro AR. Advances in posterior lumbar interbody fusion.: Orthop Clin North Am. 2002; 33(2): 367-374.
20. Brodsky AE, Evan SK, Momtaz AK. Correlation of radiologic assessment of lumbar spine fusions with surgical exploration: Spine 1991; 16: 261-265.
21. Burns BH. Operation for spondylolisthesis: Lancet 1933; 1: 33-36
22. Capener N Spondylolisthesis: Br J Surg 1932; 19: 374-86
23. Castro WH, Halm H, Jerosch J, Malms J, Steinbeck J, Blasius S. Accuracy of pedicle screw placement in lumbar vertebrae: Spine 1996; Jun 1: 1320-1324.

24. Chang KW, Dewei Z, McAfee M. A comparative biomechanical study of spinal fixation using the combination spinal rod-plate and transpedicular screw fixation system: *S Spinal Disord.* 1989; 1: 257-266.
25. Cheng CL, Fang D, Lee PC, Leong JCY. Anterior spinal fusion for spondylolysis and isthmic spondylolisthesis: *J Bone Joint Surg Br* 1989; 71: 264-267.
26. Chitnavis B, Barbagallo G, Selway R, Dardis R, Hussain A. Posterior lumbar interbody fusion for revision disc surgery: review of 50 cases in which carbon fiber cages were implanted: *J Neurosurg.* 2001; 95: 190-195.
27. Cloward RB. The treatment of ruptured lumbar intervertebral discs by vertebral body fusion. Indications, operation technique, after care: *J Neurosurg.* 1953; 10: 154-168.
28. Deyo, R A, Cherkin, DC, Loeser, JD, Bigos, SJ, and Ciol MA. Morbidity and mortality in association with operations on the lumbar spine. The influence of age, diagnosis, and procedure: *J Bone Joint Surg Am* 1992; 74: 536-543.
29. Dick JC, Jones MP, Zdeblick TA, Kunz DN, Horton WC. A biomechanical comparison evaluating the use of intermediate screws and cross-linkage in lumbar pedicle fixation: *J-Spinal-Disord* 1994; Oct: 402-407.
30. Dick W. The "Fixateur Interne" as a versatile implant for spine surgery: *Spine* 1987; 12: 882-900.
31. Dick W. Fixateur interne: State of the art Review 1992; 6: 53-147.
32. Dick W and Elke R. Die Bedeutung des sagittalen Profils und der Peposition bei der Spondylolisthesis Grad III-V: *Orthopäde* 1997; 26: 774-780.
33. Diedrich O, Kraft CN, Bertram R, Wagner U, Schmitt O. Die dorsale lumbale interkorporelle Implantation von Cages zur Stabilisierung von segmentalen Wirbelsäuleninstabilitäten: *Z Orthop Ihre Grenzgeb* 2000; 138(2): 162-168.
34. Diedrich O, Kraft CN, Perlick L, Schmitt O. Die dorsale lumbale interkorporelle Fusion mit Cages (PLIF) und transpedikulärer Stabilisierung: *Zentralblatt für Neurochirurgie* 2001; 62(3): 106-113.

35. Diedrich O, Perlick L, Schmitt O, Kraft CN. Radiographic characteristics on conventional radiographs after posterior lumbar interbody fusion: comparative study between radiotranslucent and radiopaque cages.: J Spin Dis 2001; 14(6): 522-532.
36. Dumas JL, Walker N, Die posteriore lumbale intercorporelle Fusion bei der Pseudospondylolisthesis., in Wirbelsäulen Chirurgie II; Operative Behandlung chronischer Kreuzschmerzen (Matzen KA, ed.): Stuttgart New York, Georg-Thieme-Verlag, 1992; 121-128.
37. Dunsker SB. Lumbar spine stabilization: Indications: Clin Neurosurg 1990; 36: 147-158.
38. Engelhardt M, Reuter I, Freiwald J, Böhme T, Halbsguth A. Spondylolyse und Spondylolisthesis und Sport: Orthopäde 1997; 26: 755-759.
39. Enker P, Steffee AD. Interbody fusion an instrumentation: Clinical Orthopaedics and Related Research 1994; 300: 90-101.
40. Esses, SI, Huler, RJ Indications for lumbar spine fusion in the adult: Clin Orthop 1992; 87-00.
41. Farfan, HF, Gracovetsky S. The nature of instability: Spine 1984; 9: 714-719.
42. Fessler RG. Decision Making in Spinal Instrumentation: Clin Neurosurg 1993; 40: 227-242.
43. Fraser RD. Interbody, posterior and combined lumbar fusions: Spine 1995; 20: 167-177.
44. Frederickson BE, Baker D, Mc Holick WJ, Yuan HA, Lubicky JP. The natural history of spondylolysis and spondylolisthesis: J Bone Joint Surg Am 1984; 66: 699-707.
45. Frick H, Leonhardt H, Starck D. Allgemeine Anatomie, Spezielle Anatomie I Stuttgart, New York Georg Thieme Verlag 1980; 475-510.
46. George CM. Spondylolisthesis: Surg Gynecol Obstet 1939; 68.

47. Glassman SD, Dimar JR, Puno RM, Johnson JR. Salvage of instrumental lumbar fusions complicated by surgical wound infection: Spine 1996; Sept 15: 2163-2169.
48. Goh JC, Wong HK, Thambyah A, Yu CS. Influence of PLIF cage size on lumbar spine stability: Spine 2000; 25(1): 35-39.
49. Graham JM, Kozak JA, Reardon MJ. Rectus sheath hematoma after anterior lumbar fusion: Spine 1991; Dec, 1377.
50. Greenspan A. Die Wirbelsäule. In: Greenspan A, ed. Skelettradiologie 7. Aufl. München Urban und Fischer 2003; 143
51. Groher W, Heidensohn P. Rückenschmerzen und röntgenologische Veränderungen bei Wasserspringern: Z Orthop 1970; 108: 51-56.
52. Hambly MF, Wiltse LL, Peek RD, DiMartino PP, Darakjian HE. Unilateral lumbar fusion: Spine 1991; Jun: 295-297.
53. Hambly MF. Lumbar interbody fusion utilizing fusion cages: West J Med 1998; 168: 123-124.
54. Hanley EN jun, The indications for lumbar spinal fusion with and without instrumentation: Spine 1995; 24S: 143S-153S.
55. Harmon PH. The removal of lower lumbar intervertebral discs by the transabdominal extraperitoneal route: Permanente Found M Bull, 1948; 6: 169.
56. Harrington PR, Tullos HS. Reduction of severe spondylolisthesis in children: South Med J 1969; 62: 1-12.
57. Hähnel H, Muschik M, Zippel H, Gutsche H. Lumbale Segmentspondylolydese - isoliert ventral oder kombiniert dorsoventral? - Ein Ergebnisvergleich: Z Orthop, 1991; 129: 197-203.
58. Herbiniaux G. Traité Sur Divers Accouchements Laborieux et Sur les Polypes de la Matrice 1782; Brüssel , Belgien : JL DeBoubers

59. Hibbs RA, Swift WD. Developmental abnormalities at the lumbosacral juncture causing pain and disability: report of 147 patients treated by the spinal fusion operation.: Surg Gynecol Obstet 1929; 48.
60. Hohmann F, Stürz H. Differentialindikation zur lumbosakralen Fusions- und Repositionsoperation beim Wirbelgleiten: Orthopäde 1997; 26: 781-789.
61. Ido K, Asada Y, Sakamoto T, Hayashi R, Kuriyama S. Use of an autologous cortical bone graft sandwiched between two intervertebral spacers in posterior lumbar interbody fusion: Neurosurg Rev 2001; 24(2-3): 119-122.
62. Isiklar ZU, Lindsey RW, Coburn M. Ureteral injury after anterior lumbar interbody fusion. A case report: Spine 1996; Oct 15: 2379-2382.
63. Izawa K, Yonenobu K, Kawatsu N, Hirotsuji M, Wada E, Hosono N. The application of Diapason spinal fixator device: A comparison with the Steffee VSP plate: Spinal Disord 1995; 8 Suppl.1: 1-6.
64. Janssen ME, Lam C, Beckham R, Outcomes of allogenic cages in anterior and posterior lumbar interbody fusion: Eur Spine J, 2001; 10: 158-168.
65. Jaslow IA. Intercorporal bone graft in spinal fusion after disc removal: Surg Gynecol Obstet 1946; 82: 215-218.
66. Jenkins JA. Spondylolisthesis: Br J Surg 1936; 24: 80-85.
67. Johnson RM, McGuire EJ, Urogenital complications of anterior approaches to the lumbar spine: Clin Orthop 1981; 154: 114-118.
68. Jorgenson SS, Lowe TG, France J, Sabin J. A prospective analysis of autograft versus allograft in posterolateral lumbar fusion in the same patient. A minimum of 1-year follow-up in 144 patients: Spine 1994; Sept 15: 2048-2053.
69. Junghanns H. Spondylolisthesen ohne Spalt im Zwischengelenkstück: ARCH Orthop Unfallchir 1930; 29: 118-127.
70. Junghanns H. Spondylolisthese, Pseudospondylolisthese, Wirbelverschiebung nach hinten: Beitr Klin Chir 1931; 151: 376-385.

71. Junghanns H. Die Pathologie der Wirbelsäule. In: Henke-Lubarsch, ed. Handbuch der speziellen Pathologie, Berlin, Springer Verlag 2003; 216-429.
72. Khazim R, Boss N, Webb JK. Progressive thrombotic occlusion of the left common iliac artery after anterior lumbar interbody fusion: Eur Spine J 1998; 7: 239-241.
73. Kilian HF. Schilderung neuer Beckenformen und ihres Verhaltens im Leben: Mannheim, Bassermann & Mathy 1854;
74. King D. Internal fixation for lumbo-sacral fusion: Am J Surg 1944; 66: 357-366.
75. Kluger P, Weidt F, Puhl W. Spondylolisthesen und Pseudospondylolisthesen, Behandlung durch segmentale Reposition und interkorporelle Fusion mittels Fixateur interne: Orthopäde 1997; 26: 790-795.
76. Konermann W, Sell S. Die Wirbelsäule Eine Problemzone im Kunstturnhochleistungssport. Eine retrospektive Analyse von 24 ehemaligen Kunstturnerinnen des deutschen A-Kaders: Sportverl Sportschad 1992; 6: 156-160.
77. Kozak JA, Heilman AE, and O'Brien JP. Anterior lumbar fusion options. Technic and graft materials: Clin Orthop 1994; Mar, 45-51.
78. Kreuzsch-Brinkner R, Groher W, Mark P. Die ventrale interkorporelle Spondylodese bei lumbalen Instabilitäten: Z Orthop 1986; 124: 619-627.
79. Krismer M, Auckenthaler T, Gruber R, Wimmer C, Sterzinger W, Ogon M. Lumbale Fusion bei Erwachsenen - dorsal oder kombiniert ventral/dorsal? Orthopäde 1997; 26: 568-571.
80. Kuslich SD, Ulstrom CL, Griffith SL, Ahern JW, Dowdle JD. The Bagdy and Kuslich method of lumbar interbody fusion. History, techniques, and 2-year follow-up results of a United States prospective, multicenter trial: Spine 1998; 23: 1267-1279.
81. Laasonen EM, Soini J. Low-back pain after lumbar fusion. Surgical and computed tomographic analysis: Spine 1989; Feb, 210-213.

82. Lambl W. Zehn Thesen über Spondylolisthesis: Z Gynäkol 1858; 9: 250-253.
83. Lane W. Case of spondylolisthesis with progressive paraplegia, laminectomy: Lancet 1893; 1.
84. Laurent LE, Östermann K. Operative treatment of spondylolisthesis in young patients.: Orthop 1976; 117: 85-90.
85. Lin PM. Posterior lumbar interbody fusion (PLIF): past, present, and future: Clin Neurosurg 2000; 47: 470-482.
86. Lombardi JS, Wiltse LL, Reynolds J, Widell EH, Spencer C. Treatment of degenerative spondylolisthesis: Spine 1985; 10: 821-827. Notes: 86123160
87. Löwe A, Hopf C, Eysel P. Die Bedeutung der exakt lateralen Röntgendokumentation bei der Meyerding Graduierung von Spondylolisthese: Z Orthop 1996; 134: 210-213.
88. Lübbers T, Meyer F, Sandvoß G et al. Posterior Lumbar Interbody Fusion (Plif and Plates) mit spongiosagefüllten Carbon-Cages und VSP-Steffee-Fixateur interne. Erfahrungen bei 47 Patienten: Jahrestagung der Gesellschaft für Wirbelsäulenchirurgie in Ulm, 26.-27.September 1997;
89. Macnab J. Spondylolisthesis With An Intact Neural Arch- The So- Called Pseudo-Spondylolistesis: J Bone Joint Surg 1950; 32 B: 325-333.
90. Magerl F. External skeletal fixation of the lower thoracic and lumbar spine, in Current concepts of external fixation of fractures (Uthoff HK, ed.): Berlin, Heidelberg, New York, Springer, 1982; 66-353.
91. Mardjetko SM, Conolly PJ, Shott S. Degenerative lumbar spondylolisthesis. A metaanalysis of literature 1970-1993: Spine 1994; 20S: 2256S-2265S.
92. Masferrer R, Gomez CH, Karahalios DG, Sonntag VK. Efficacy of pedicle screw Fixation in the treatment of spinal instability and failed back surgery: a 5-year review: J Neurosurg 1998; 89: 371-377.

93. Matsunaga S, Sakou T, Morizono Y. Natural History of Degenerative Spondylolisthesis. Pathogenesis and Natural Course of the Slipage: Spine 1990; 15: 1204-1210.
94. McAfee PC. Interbody fusion cages in reconstructive operations on the spine: J Bone Joint Surg Am 2005; 81: 859-880.
95. Mercer W, Spondylolisthesis, with description of new method of operative treatment and notes of 10 cases: Edinburgh Med J, 1936; 43.
96. Metz-Stavenhagen P, Sambale R, Völpel H-J, von Stavenhagen N. Behandlung der Spondylolisthese. Operation in situ oder Repositionsspondylodese: Orthopäde, 1997; 26: 796-803.
97. Meyerding HW. Spondylolisthesis: Surg Gynecol Obstet 1932; 54.
98. Miyakoshi N, Abe E, Shimada Y, Okuyama K, Suzuki T, Sato K. Outcome of one-level posterior lumbar interbody fusion for spondylolisthesis and postoperative intervertebral disc generation adjacent to the fusion: Spine, 2000; 25(14): 1837-1842.
99. Nakai S, Yoshizawa H, Kobayashi S. Long-term follow-up study of posterior lumbar interbody fusion: Spinal Disord 1999; 12(4): 293-299.
100. Neugebauer FL. Zur Entwicklungsgeschichte des spondylolisthetischen Beckens und seiner Diagnose: Deutsche Z Chir 1881; 17: 577-578.
101. Newman PH and Stone KH, The aetiology of spondylolisthesis: J Bone Joint Surg Br, 1959; 45: 39-59.
102. Niethard FU, Pfeil J. Retrosomatische Spondylolyse des 5. LWK mit Segmentationsstörung des zugehörigen Wirbelbogens: Z Orthop 1985; 123: 859-863.
103. Niethard FU, Pfeil J. Die Wirbelsäule. In: Bob A, Bob K. eds. Orthopädie 1989; 294-295.

104. Noack W, Raetzel G. Die Behandlung der Spondylolisthesis beim Erwachsenen von dorsal mit dem Fixateur interne und einem speziellen Repositionshilfsgerät: Z Orthop 1988; 126: 205-210.
105. Ohlin A, Karlsson M, Düppe H, Hasserius R, Redlund-Johnell I. Complications after transpedicular stabilization of the spine: Spine 1994; 19: 2774-2779.
106. Okuyama K, Abe E, Suzuki T, Tamura Y, Chiba M, Sato K. Posterior lumbar interbody fusion: a retrospective study of complications after facet joint excision and pedicle screw fixation in 148 cases: Acta Orthop Scand 1999; 70(4): 329-334.
107. Olerud S, Karlström G, Sjöström L. Transpedicular fixation of thoracolumbar vertebral fractures: Clin Orthop 1988; 227: 44-51.
108. Onimus M, Papin P, Gangloff S. Extraperitoneal approach to the lumbar spine with video assistance: Spine 1996; Nov 1, 2491-2494.
109. Parker LM, Murrell SE, Boden SD, Horton WC. The outcome of posterolateral fusion in highly selected patients with discogenic low back pain: Spine 1996; Aug 15: 1909-1916.
110. Petersen H, Zippel H. Ergebnisse der ventrodorsalen lumbalen Wirbelfusion bei degenerativen und Gleitinstabilitäten unter besonderer Berücksichtigung psychosozialer Probleme: Orthop Praxis 1995; 12: 844-845.
111. Pfeiffer M, Griss P, Haake M, Kienapfel H, Billion M. Standardized evaluation of long-term results after anterior lumbar interbody fusion: Eur Spine J 1996; 5/5: 299-307.
112. Quint U, Adelt D. Experiences with combined interventions on the lumbar spine: Unfallchirurgie 1995; Aug: 164-174.
113. Ransom, N, La Rocca, SH, Thalgott, J. The case for pedicle fixation of the lumbar spine: Spine 1994; 19: 2702-2706.
114. Ray CD Threaded titanium cages for lumbar interbody fusions: Spine 1997; 22: 667-680.

115. Robert (zu Coblenz), Eine eithumliche angeborne lordose, wahrscheinlich bedingt durch eine verschiebung des korpers des letzten lendenwirbels auf die vordere flache des ersten kreubeinwirbels (spondylolisthesis kilian) nebst bemerkungen uber die mechanik dieser beckenformation, Monatschr Geburts Frauenkr (Berlin), 1855; 5: 81-94.
116. Robertson PA, Grobler LJ. Stress fracture of the pedicle. A late complication of posterolateral lumbar fusion: Spine 1993; Jun 1: 930-932.
117. Rokitansky C. Lehrbuch der Pathologischen Anatomie: Wien, 1958;
118. Roy-Camille R, Saillant G, Berteaux D, Salgado V. Osteosynthesis of thoracolumbar spine fractures with metal plates screwed through the vertebral pedicles: Reconstr Surg Traumatol 1976; 15: 2-16.
119. Roy-Camille R, Benazet JP, Desauge JP, Kuntz F. Lumbosacral fusion with pedicular screw plating instrumentation: A 10 year follow-up: Acta Orthop Scand 1993; 64: 100-104.
120. Saraste H, Broström LA, Aparisi T, Axendorph G. Radiographic measurement of the lumbar spine. A clinical and experimental study in man: Spine 1985; 10: 236-241.
121. Schiebler TH, Schmidt W. Die Lendenwirbelsäule, in Lehrbuch der Anatomie, 1991;
122. Schlenzka D, Seitsalo S, Poussa M, Östermann K. Operative treatment of symptomatic lumbar spondylolysis and mild isthmic spondylolysthesis in young patients: direct repair of the defect or segmental fusion? Eur Spine J 1993, 2: 104-112.
123. Schnee CL, Freese A, Ansell LV. Outcome analysis for adults with spondylolisthesis treated with posterolateral fusion and transpedicular screw fixation: J Neurosurg 1997; 86: 56-63.
124. Schöllner D. Ein neues Verfahren zur Reposition und Fixation bei Spondylolisthesis: Orthop Prax 1975; 11: 270-274.

125. Schönmayr R, Melzer C, Melzer MJ, Babacan S. Die lumbale interkorporelle Spondylodese mit Schraubkägigen aus Titan - Verlaufsuntersuchungen bei 85 Patienten: Zentralblatt für Neurochirurgie, (Suppl), 1987; 35-42
126. Schwab FJ, Nazarian DG, Mahmud F, Michelsen CB, Effect of Spinal Instrumentation on Fusion of the Lumbosacral Spine: Spine 1995; 20: 2023-2028.
127. Schwegel P. Die Entwicklungsgeschichte der Knochen des Stammes und der Extremitäten mit Rücksicht auf die Chirurgie, Geburtskunde und gerichtliche Medizin: Wien, 1858 Z Rat Med 5: 283-95
128. Sharma M, Langrana NA, Rodriguez J. Role of ligaments and facets in lumbar spinal stability: Spine 1995; 20: 887-900.
129. Siegling CW, Hochheim B, and Werner G. Die dorsale Interbodyfusion, Ergebnisse und Schlußfolgerungen. In: Matzen KA ed. Wirbelsäulenchirurgie II; operative Behandlung chronischer Kreuzschmerzen, Georg-Thieme-Verlag Stuttgart New York, 1992; 176-183.
130. Speed K. Spondylolosthesis, treatment by anterior bone graft.: Arch.Surg 1938; 37: 175.
131. Squire L Frank, Novelline RA, Das Abdomen. In: Radiologie. Stuttgart, New York, Schattauer Verlag, 1993; 189-190.
132. Stauffer RN, Coventry MB. Postolateral lumbar spine fusion. Analysis of Mayo Clinic series: J Bone Joint Surg Am 1972; Sep: 1195-1204.
133. Stewart TD. Incidence of sepearte neural arch in lumbar vertebrae of Eskimos: Am J.Phys.Anthropol. 1931; 16-51.
134. Stillerman CB, Schneider JH, Gruen JP. Evaluation and Management of Spondylolysis and Spondylolisthesis: Clin Neurosurg 1993; 40: 384-415.
135. Stonecipher T, Sandford W. Posterior lumbar interbody fusion with facet-screw fixation: Spine 1989; 468-471.

136. Suk Se-II, Lee CK, Kim WJ, Lee JH, Cho KJ, Kim HG. Adding posterior Lumbar Interbody Fusion to Pedicle Screw Fixation and Posterolateral Fusion After Decompression in Spondylolytic Spondylolisthesis: Spine 1997; 22: 210-220.
137. Taillard W. Le spondylolisthesis chez l'enfant et l'adolescent. (Etude des 50 cas.): Acta Orthop Scand 1954; 24 : 115-144.
138. Tiedjen K, Müller KM. Grundlagen, In: Tiedjen K, Müller KM. Pathologie der degenerativen Wirbelsäulenerkrankungen Berlin, Springer Verlag, 2001; 1-6.
139. Tiusanen H, Seitsalo S, Osterman K, Soini J. Anterior interbody lumbar fusion in severe low back pain: Clin Orthop 1996; Mar: 153-163.
140. Tsantrizos A, Baramki HG, Zeidman S, Steffen T. Segmental stability and compressive strength of posterior lumbar interbody fusion implants: Spine 2000; 25(15): 1899-1907.
141. Tullberg T, Brandt B, Rydberg J, Fritzell P. Fusion rate after posterior lumbar interbody fusion with carbon fiber implant: 1-year follow-up of 51 patients.: Eur Spine J, 1996; 5(3): 178-182.
142. Turner JA, Ersek M, Herron L. Patient Outcomes After Lumbar Spinal Fusions: JAMA 1992; 268: 907-911.
143. Voor MJ, Metha S, Wang M, Zhang YM, Mahan J, Johnson. Biomechanical evaluation of posterior and anterior lumbar interbody fusion techniques: S Spinal Disord 1998; 11(4): 328-334.
144. Waddell G, Main CJ, Morris EW, Di Paola M, Gray ICM. Chronic low-back pain, Psychologic distress, and illness behavior: Spine 1984; 209-213.
145. Watkins R. Anterior lumbar interbody fusion surgical complications: Clin Orthop 1992; Nov: 47-53.
146. Weber E. Grundriss der biologischen Statistik für Naturwissenschaftler und Mediziner: 7. Aufl. Jena, Gustav Fischer Verlag, 1972.

147. Weiner BK and Fraser RD. Spine Update: Lumbar Interbody Cages: Spine 1998; 23 (5): 634-640.
148. Wiltse LL. Etiology of spondylolisthesis: Clin Orthop 1957; 10: 48-60.
149. Wiltse LL, Newman PH, and McNab I. Classification of spondylolysis and spondylolisthesis: Clin Orthop 1976; 117: 23-29.
150. Wiltse LL, Winter RB. Terminology and measurements of spondylolisthesis: J Bone Joint Surg Am, 1983; 65: 768-772.
151. Wiltse LL, Rothman LG. Spondylolisthesis: Classification, diagnosis and natural history: Seminar in Spine Surgery, 1989; 1: 78-94.
152. Wittenberg RH, Rubenthaler F. Erkrankung der Wirbelsäule in Praxis der Orthopädie Band I Konservative Orthopädie, Stuttgart, New York: Georg Thieme Verlag, 2001; 519
153. Yuan HA, Garfin SR, Dickman CD et al. A Historical Cohort Study of Pedicle Screw Fixation in Thoracic, Lumbar, and Sacral Spinal Fusions: Spine 1994; 19: 2279-2296.
154. Zdeblick TA. The treatment of degenerative lumbar disorders. A critical review of the literature: Spine 1995; 24S: 126S-137S.
155. Zippel H. Die Spondylolisthesen. In: Schulitz KP, Winkelmann W. eds. Die Wirbelsäule in Forschung und Praxis. Band 107. Die instrumentierte Fusion von Wirbelsäulenfrakturen und -erkrankungen. Hipokrates Verlag, 1993; 115.
156. Zippel H. Spondylolisthesen. In: Weber U, Schwetlick G, eds. Wirbelsäulenerkrankungen Wirbelsäulenverletzungen, Operative Therapie - Stabilisierungsverfahren Stuttgart, New York, Georg Thieme Verlag 1993; 105-115.

## **9. Lebenslauf**

„ Mein Lebenslauf wird aus Datenschutzgründen in der elektronischen Version meiner Arbeit nicht mit veröffentlicht.“

„ Mein Lebenslauf wird aus Datenschutzgründen in der elektronischen Version meiner Arbeit nicht mit veröffentlicht.“

## **10. Danksagung**

Mein herzlicher Dank gilt Herrn Prof. Dr. med. Dr. h.c. Mario Brock sowie Herrn Prof. Dr. med. Theodoros Kombos für die freundliche Überlassung des Themas und für den fachlichen Rat bei der Bearbeitung der Fragestellung.

Mein besonderer Dank gilt Herrn Dr. J. Ramsbacher für die engagierte Betreuung und hilfreiche Unterstützung bei der Erstellung der Arbeit.

Weiterhin danke ich meinen Eltern und Herrn Tom Lentz für die Durchsicht der Arbeit und für ihre Ratschläge.

Besonders möchte ich auch Nils Steiner danken, der gemeinsam mit mir auf der Suche nach der richtigen Doktorarbeit durch die Gänge des UKBF irrte.

## Erklärung

„Ich, Daniela Krug, erkläre, dass ich die vorgelegte Dissertationsschrift mit dem Thema:

P.L.I.F. : Posteriore lumbale interkorporelle Fusion  
Methode, Indikation und klinische Verlaufskontrolle  
im Zeitraum von 1995 bis 2000  
im Universitätsklinikum Benjamin-Franklin

selbst verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt,  
ohne die (unzulässige) Hilfe Dritter verfasst und auch in Teilen keine Kopien anderer  
Arbeiten dargestellt habe.“

Datum

Unterschrift