

# **Lumbale interkorporelle Fusion bei degenerativen LWS-Erkrankungen:**

## **Unterscheiden sich TLIF (Transforaminal Lumbar Interbody Fusion) und PLIF (Posterior Lumbar Interbody Fusion)?**

Dissertation

zur Erlangung des akademischen Grades eines Doktors der Medizin  
(Dr. med.)

an der

Medizinischen Fakultät der Universität Hamburg  
Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf

vorgelegt von

Nicolas Ostendorff

aus

Hamburg

2023

**Angenommen von der  
Medizinischen Fakultät der Universität Hamburg am: 23.01.2024**

**Veröffentlicht mit Genehmigung der  
Medizinischen Fakultät der Universität Hamburg.**

**Prüfungsausschuss, der Vorsitzende: Prof. Dr. Ralf Oheim**

**Prüfungsausschuss, zweiter Gutachter: Prof. Dr. Luca Papavero**

# Inhaltsverzeichnis

<b>1. EINLEITUNG .....</b>	<b>5</b>
<b>1.1 ZIELSETZUNG .....</b>	<b>7</b>
<b>1.2 ANATOMISCHE GRUNDLAGEN.....</b>	<b>8</b>
1.2.1 SPINALKANALSTENOSE .....	8
1.2.2 DEGENERATIVE SPONDYLOLISTHESE .....	8
1.2.3 WIRBELSÄULENSTABILITÄT .....	9
1.2.4 MEYERDING-KLASSIFIKATION.....	9
<b>1.3 ENTSTEHUNGSGESCHICHTE VON PLIF UND TLIF .....</b>	<b>10</b>
1.3.1 ANFÄNGE/ENTWICKLUNG DER DORSALEN FUSION.....	10
<b>1.3.2 ENTWICKLUNG DER INTERKORPORELLEN FUSION - DIE DORSALEN FUSIONSTECHNIKEN .....</b>	<b>11</b>
1.3.2.1 POSTEROLATERALE FUSION (PLF).....	11
1.3.2.2 POSTERIORE LUMBALE INTERKORPORELLE FUSION (PLIF).....	12
1.3.2.3 INTERVERTEBRALE IMPLANTATE.....	13
1.3.2.4 TRANSFORAMINALE LUMBALE INTERKORPORELLE FUSION (TLIF) .....	14
<b>1.4 INDIKATIONSSTELLUNG FÜR PLIF UND TLIF.....</b>	<b>16</b>
1.4.1 INDIKATIONEN.....	16
1.4.2 KONTRAINDIKATIONEN .....	16
<b>2. MATERIAL UND METHODEN.....</b>	<b>18</b>
<b>2.1 STUDIENDESIGN UND PATIENTENKOLLEKTIV .....</b>	<b>18</b>
<b>2.2 OPERATIONSTECHNIKEN.....</b>	<b>22</b>
2.2.1 POSTERIORE LUMBALE INTERKORPORELLE FUSION (PLIF).....	22
2.2.2 TRANSFORAMINALE LUMBALE INTERKORPORELLE FUSION (TLIF).....	22
<b>2.3 KOMPLIKATIONSERFASSUNG .....</b>	<b>23</b>
<b>2.4 EVALUATION DES KLINISCHEN OUTCOMES .....</b>	<b>25</b>
2.4.1 BASISFRAGEBOGEN FÜR EINGRIFFE AN DER LWS.....	26
2.4.2 OSWESTRY DISABILITY INDEX (ODI).....	26
2.4.3 EQ-5D-GESUNDHEITSFRAGEBOGEN .....	27
<b>2.5 STATISTISCHE METHODEN .....</b>	<b>28</b>
<b>3. ERGEBNISSE .....</b>	<b>29</b>
<b>3.1 DATENGRUNDLAGE DES GESAMTKOLLEKTIVS.....</b>	<b>29</b>
<b>3.2 DATENGRUNDLAGE MONOSEGMENTAL FUSIONIERTER PATIENTEN BEI DEG. SPONDYLOLISTHESE.....</b>	<b>33</b>
<b>3.3 OUTCOME-DATEN .....</b>	<b>36</b>
<b>3.4 KORRELATIONEN .....</b>	<b>42</b>
<b>3.5 KOMPLIKATIONEN .....</b>	<b>44</b>
<b>4. DISKUSSION.....</b>	<b>49</b>
<b>4.1 DISKUSSION DER METHODEN .....</b>	<b>49</b>
<b>4.2 EINORDNUNG DER ERGEBNISSE IN DIE AKTUELLE LITERATUR.....</b>	<b>51</b>
<b>4.3 KOMPLIKATIONSERFASSUNG – DIE SAVES-KLASSIFIKATION .....</b>	<b>55</b>
<b>4.4 SCHWÄCHEN UND STÄRKEN DER STUDIE .....</b>	<b>57</b>

<b><u>5. ZUSAMMENFASSUNG .....</u></b>	<b><u>61</u></b>
<b><u>6. ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS .....</u></b>	<b><u>64</u></b>
<b><u>7. LITERATURVERZEICHNIS .....</u></b>	<b><u>65</u></b>
<b><u>8. ANHANG.....</u></b>	<b><u>76</u></b>
<b><u>9. DANKSAGUNG .....</u></b>	<b><u>81</u></b>
<b><u>10. LEBENSLAUF.....</u></b>	<b><u>82</u></b>
<b><u>11. EIDESSTATTLICHE VERSICHERUNG .....</u></b>	<b><u>83</u></b>

## 1. Einleitung

Rückenschmerzen und neurogene Beinschmerzen aufgrund degenerativer Wirbelsäulenerkrankungen sind häufig in der Allgemeinbevölkerung. Auslöser können Nervenwurzelreizungen oder Nervenkompressionen sein (de Kunder, 2018). Schmidt und Kohlmann bezifferten die Lebenszeitprävalenz von Rückenschmerzen auf ca. 80 % (Schmidt and Kohlmann, 2005). Vielfach betroffen ist die Lendenwirbelsäule. Ursächlich sind meist Spinalkanalstenosen oder Bandscheibenvorfälle (de Kunder, 2018). Möglich ist auch ein degeneratives lumbales Wirbelgleiten (Spondylolisthese) mit einer Inzidenz von 4,1% (Liu et al., 2016, Faldini et al., 2007), das meist ab dem 50. Lebensjahr und gehäuft bei Frauen auftritt (Wang et al., 2017, Bydon et al., 2019, Steiger et al., 2014, de Kunder, 2018). Der ventrale Versatz eines lumbalen Wirbelkörpers im Vergleich zum darunterliegenden Wirbelkörper kann nervale Strukturen komprimieren (Rezk et al., 2019). Wir unterscheiden degenerative (häufig) von isthmischen Spondylolisthesen (seltener). Degenerative Spondylolisthesen treten überwiegend im Alter auf und sind bedingt durch Abnutzungsvorgänge, wie Bandscheibendegenerationen und Spondylarthrosen (Bydon et al., 2019). Isthmische Spondylolisthesen treten auch im jüngeren Alter auf, sind oftmals angeboren und auf einen Defekt in der Interartikularportion zurückzuführen (Li et al., 2022).

Primär werden Rückenschmerzen und neurogene Beinschmerzen konservativ behandelt mit Analgesie, Physiotherapie, Muskelaufbau und epiduralen Infiltrationen. Bei ausbleibendem Erfolg über mindestens 3 Monate oder bei Beschwerdezunahme stellen operative Verfahren eine Alternative dar (de Kunder et al., 2017, Faldini et al., 2007, Koenig et al., 2019, Bydon et al., 2019). Für lumbale Spinalkanalstenosen ohne Instabilität wird eine Dekompression empfohlen (Cole et al., 2009). Bei symptomatischer lumbaler Spondylolisthese wird zusätzlich zu der Dekompression die dorsale Fusion im Sinne einer Spodylodese durchgeführt, die heute Therapiestandard ist und eine weitere Zunahme des Wirbelgleitens verhindert (Eismont et al., 2014, Cole et al., 2009, Bydon et al., 2019).

Lumbale interkorporelle Fusionen (Spodylodesen) versteifen Wirbelsäulenabschnitte im Bereich der Lendenwirbelsäule (LWS). Bei Vorliegen einer Instabilität werden nach Dekompression des Duralsackes ein oder zwei Cages in den Zwischenwirbelraum eingebracht. Anschließend erfolgt die

Fixierung des Segmentes mit Pedikelschrauben. Dieses Vorgehen hat sich bei schmerzhaften, degenerativen Instabilitäten im Bereich der Lendenwirbelsäule bewährt. Ziele der Spondylodesen sind die Stabilisierung instabiler Bewegungssegmente, Dekompression von komprimierten Nervenstrukturen und Wiederherstellung der ursprünglichen Bandscheibenhöhe (Fleege et al., 2015).

Für die Durchführung einer Spondylodese wurden verschiedene Zugangswege entwickelt. Von anterior wird die Operation als ALIF (Anterior Lumbar Interbody Fusion) bezeichnet. Von dorsal besteht die Möglichkeit von PLIF (Posterior Lumbar Interbody Fusion) oder TLIF (Transforaminal Lumbar Interbody Fusion). Von lateral erfolgt die Spondylodese als OLIF (Oblique Lumbar Interbody Fusion) oder XLIF (eXtreme Lateral Interbody Fusion). PLIF erfordert einen beidseitigen, paramedianen Zugang, während bei TLIF ein einseitiger, transforaminaler Zugang erfolgt. Insbesondere PLIF und TLIF sind bewährte Verfahren zur operativen Versorgung von degenerativen Instabilitäten und Deformitäten der Lendenwirbelsäule (Fleege et al., 2015, Schnake et al., 2019). Degenerative Instabilitäten umfassen auch sog. Mikroinstabilitäten, die radiologisch nicht eindeutig nachweisbar sind (Schnake et al., 2019, Ryang, 2017), schmerzbedingt jedoch zu einer verminderten Lebensqualität führen (Ryang, 2017).

Die sozioökonomische Bedeutung der erwähnten Pathologien ist immens. Fast ausnahmslos empfinden wir im Laufe des Lebens Beschwerden, die durch die Degeneration der LWS bedingt sind. Die Prävalenz degenerativer Erkrankungen der LWS steigt parallel zum Durchschnittsalter der Bevölkerung. Die damit verbundenen Behandlungs- und Arbeitsausfallkosten sind für die Gesellschaft sehr belastend. Bereits 1993 betrug in Deutschland die Lebenszeitprävalenz für Rückenschmerzen über 80% (Raspe und Kohlmann 1993) (Wirth, 2004a). Zwischen 2007 und 2015 kam es bei der Hauptdiagnose Rückenschmerzen national zu einem Anstieg der Fallzahlen um 73% (Zich, 2016).

Ebenso steigen seit einem Jahrzehnt die Fallzahlen der lumbalen Fusionsoperationen. Gründe dafür sind: der demographische Wandel, der vermehrte Wunsch nach höherer Lebensqualität im Alter, sowie bessere OP-Implantate (Fleege et al., 2015). Hierdurch hat sich auch das Indikationsspektrum erweitert (Rickert et al., 2015). Bei den über 65-Jährigen zeigte sich in den USA zwischen 2004 und 2015 ein deutlicher Anstieg an lumbalen Fusionsoperationen (138%). Patienten mit degenerativer Spondylolisthese bildeten den Großteil des Patientenkollektivs (45,2% in 2015) und hatten den

größten Zuwachs seit 2004 (111%) (Martin et al., 2019). In Deutschland stieg die Zahl der dokumentierten Spondylodesen zwischen 2007 und 2011 jährlich um ca. 6000 Eingriffe, ein Zuwachs von insgesamt mehr als 50% (Zich, 2016).

Obwohl in der Literatur bereits Vergleiche zwischen TLIF und PLIF existieren, bestehen einige Limitationen (de Kunder et al., 2017, Derman and Albert, 2017, Teng et al., 2017). Die Fallzahlen sind klein (Humphreys et al., 2001, Audat et al., 2012) und die Komplikationen werden nicht nach einem einheitlichen Bewertungsschema ausgewertet, dadurch sind sie nur eingeschränkt vergleichbar (de Kunder et al., 2017). Zudem wurden bislang nur konventionelle PLIF-Techniken und nicht die moderneren, weniger invasiven PLIF-Techniken der TLIF-Technik gegenübergestellt. Bei vergleichbaren klinischen Ergebnissen wurde die TLIF-Technik als komplikationsärmer im Vergleich zur PLIF-Technik angesehen (de Kunder et al., 2017). De Kunder et al. veröffentlichten 2017 die erste systematische Übersichtsarbeit und Metaanalyse, in der PLIF- und TLIF-Verfahren bei der Behandlung der degenerativen Spondylolisthese verglichen wurden. Die PLIF-Komplikationsrate war mit 17% doppelt so hoch wie die TLIF-Komplikationsrate von 8,7%, insbesondere nervale Komplikationen waren deutlich PLIF-assoziiert (de Kunder et al., 2017).

Einige Studien haben gezeigt, dass TLIF-Patienten in der Regel von einer kürzeren Operationszeit, einem geringeren Blutverlust und einer verkürzten Verweildauer profitieren (Yang et al., 2016, Sakeb, 2013, Humphreys et al., 2001). Da das vergleichbare klinische Outcome nicht für die klare Überlegenheit eines der beiden Verfahren spricht, bestimmen Erfahrung und Präferenz des Operateurs die Wahl der Operationstechnik (de Kunder et al., 2017).

## **1.1 Zielsetzung**

Ziel dieser Studie war es, anhand retrospektiver Registerdaten zwei Patientenkohorten zu vergleichen und festzustellen, ob die in der Literatur angegebene höhere Komplikationsrate bei PLIF-Operationen im Vergleich zur TLIF-Technik sich auch bei der moderneren und weniger invasiven, sogenannten *mini-open* PLIF-Technik bestätigt. Zudem sollte untersucht werden, ob sich die klinischen Ergebnisse bei einer monosegmentalen Fusion wegen degenerativer Spondylolisthese aufgrund der OP-Technik unterscheiden.

## **1.2 Anatomische Grundlagen**

### **1.2.1 Spinalkanalstenose**

Die degenerative Spinalkanalstenose tritt vorwiegend im sechsten bis achten Lebensjahrzehnt auf und hat eine jährliche Inzidenz von 5 pro 100.000 Einwohner (Papavero and Kothe, 2015, Siebert et al., 2009). Auslöser sind kombinierte degenerative Wirbelsäulenveränderungen, die im Verlauf symptomatisch werden können. Ein Bandscheibenverschleiß sorgt für eine Höhenminderung des Bandscheibenfachs. Der verkleinerte interlaminäre Abstand führt zu einer Vorwölbung des Lig. flavum in den Spinalkanal. Verstärkt wird dieser Vorgang durch eine Hyperlordose der LWS infolge der Bandscheibensinterung (Schünke, 2007, Von Strempel, 2001). Die veränderte Lastverteilung kann eine Arthrose der Facettengelenke (Spondylarthrose) mit Verdickung der Gelenkkapsel verursachen. Kompensatorisch bilden sich osteophytäre Randanbauten. Es kommt zu einer sekundären Einengung des Spinalkanals und der abgehenden Nervenwurzeln (Von Strempel, 2001).

Klinisch bestehen belastungsabhängige Schmerzen im LWS-Bereich mit Ausstrahlung in die Beine, wodurch die Gehstrecke oft stark verkürzt ist. Beschwerdebesserung bringen Gehpausen (Claudicatio spinalis), Entlastung (z.B. Armabstützung) und Aktivitäten in kyphotischer Position (z.B. Rad fahren), die den Spinalkanal erweitern (Schünke, 2007).

### **1.2.2 Degenerative Spondylolisthese**

Die degenerative Spondylolisthese, 1930 von Junghanns als Pseudo-Spondylolisthese beschrieben (Junghanns, 1931), umfasst eine Wirbelsäulendeformität, die meist ab dem 50. Lebensjahr und vermehrt bei Frauen auftritt (6:1) (Bydon et al., 2019). Überwiegend betroffen ist das Segment L4/5, die Dislokation beträgt selten mehr als 30% des angrenzenden Wirbelkörpers (DeVine, 2012, Ryang, 2017, Sengupta and Herkowitz, 2005). Es handelt sich um eine ventrale Wirbelverschiebung bei intakter Interartikularportion (Imhoff, 2014, Ryang, 2017). Auslöser ist eine segmentale Instabilität, verursacht durch Bandscheibendegenerationen (Flüssigkeitsverlust, Höhenminderung) und Facettengelenksdegenerationen (spondylarthrotische Umbauten, degenerative Lockerung) (Bydon et al., 2019, Imhoff, 2014, Sengupta and Herkowitz, 2005). Als Folge der Gelenkfehlstellung bilden sich Kapselverdickungen, osteophytäre Randanbauten und eine Spondylarthrose (Bydon et al., 2019, Sengupta and Herkowitz, 2005).

Klinisch manifestieren sich lokale Rückenschmerzen mit Ausstrahlung in Gesäß und Oberschenkel sowie radikuläre Beschwerden aufgrund einer Nervenwurzelbedrängung. Die häufig auftretende Claudicatio spinalis ist indirekte Folge des Wirbelgleitens und direkte Folge der Hypertrophie von Facettengelenken und -gelenkkapsel, die den Spinalkanal einengen (Imhoff, 2014, Hildebrandt, 2005).

### **1.2.3 Wirbelsäuleninstabilität**

Eine Wirbelsäuleninstabilität ist laut der American Association of Orthopedic Surgeons (AAOS) eine „abnorme, über das physiologische Maß hinausgehende Mobilität eines Bewegungssegments unter Belastung“ (Ryang, 2017). Ursächlich sind neben Osteochondrosen, Bandscheibendegenerationen, Spondylarthrosen und degenerativen Spondylolisthesen auch Traumata, Tumoren und Spondylodiszitiden (Schnake et al., 2019). Iatrogene Auslöser wie Facettektomien oder Laminektomien sind ebenfalls möglich, da der Knochen durch die Resektion geschwächt wird. Die resultierende degenerative Segmentinstabilität scheint die Rückenschmerzen zu verursachen (Curtis et al., 2019, Wetzel et al., 1994). Mangelnde klinische und radiologische Evidenz von Mikroinstabilitäten erschweren Diagnostik und Therapie (Ryang, 2017, Schnake et al., 2019). Soziale und psychische Aspekte können die Symptome beeinflussen (Gatchel et al., 1995, Cole et al., 2009).

### **1.2.4 Meyerding-Klassifikation**

Die Meyerding-Klassifikation ist die gebräuchlichste Schweregrad-Einteilung für Spondylolisthesen. Anhand des Ausmaßes des Wirbelgleitens werden vier Schweregrade unterschieden. Mithilfe seitlicher Röntgenaufnahmen wird der kaudal liegende Wirbelkörper in Viertel aufgeteilt. Je nachdem, wie weit der kranial liegende Wirbelkörper über den unteren Wirbel nach vorne gleitet, ergibt sich der Meyerding-Grad. Bei Verschiebung des kranialen Wirbelkörpers um ein Viertel der Wirbelkörperfläche des kaudalen Wirbelkörpers nach ventral handelt es sich z.B. um ein Wirbelgleiten 1. Grades, welches in der Mehrzahl der Fälle (75%) vorliegt (de Schepper et al., 2016, Meyerding, 1933).

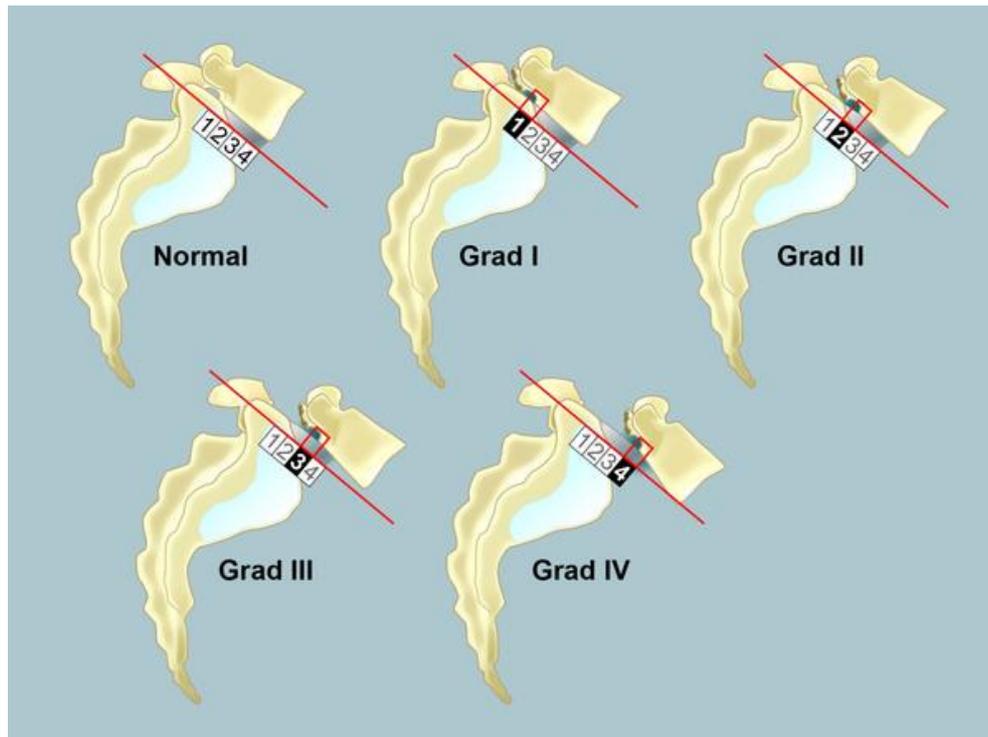


Abbildung 1: Meyerding-Klassifikation (Bern, 2016)

### 1.3 Entstehungsgeschichte von PLIF und TLIF

#### 1.3.1 Anfänge/Entwicklung der dorsalen Fusion

Interkorporelle Fusionsverfahren (Spondylodesen) sind gängige Operationstechniken bei verschiedenen Wirbelsäulenerkrankungen. Bis zur routinemäßigen Anwendung wurden verschiedene Zugangswege und OP-Techniken entwickelt. Im Folgenden soll dargelegt werden, wie das Prinzip der Spondylodese entstand:

Die ersten Beschreibungen von dorsalen Fusionen datieren aus dem Jahr 1911 (Stromqvist, 1993). F. Albee (Albee, 2007) und R. Hibbs (Hibbs, 2007) arbeiteten 1911 zeitgleich und unabhängig voneinander an der Entwicklung einer spinalen Fusionstechnik (Hibbs, 2007). Albee verwendete autologe Tibiagrafts zur Fusion, die er um die gespaltenen Dornfortsätze pathologisch veränderter Wirbelkörper anlagerte. Hibbs dekortizierte Wirbelbögen und Dornfortsätze, aus der Präparation zerkleinerte Knochenspäne verteilte er um die Wirbelbögen (Rickert et al., 2015). MacKenzie-Forbes versuchte 1922, das Bandscheibenfach mit einem kortikalen Knochenkeil aufzufüllen, um die Wirbelsäule zu stabilisieren (MacKenzie-Forbes, 1922). Ghormley (Ghormley, 1933) veränderte

1933 die Operationstechniken nach Albee und Hibbs, indem er einen autologen Knochengraft aus dem Beckenkamm in das Fusionsbett transplantierte. Ziel war eine schnellere Fusion im Vergleich zu Albees Tibiaspan-Methode (Albee, 2007, Ghormley, 1933). Um die Fusionsraten und Wirbelsäulenstabilität zu erhöhen, entwickelte Bosworth 1942 (Bosworth, 1942) den sog. „H-Graft“. Dieser bestand aus mittig eingekerbten Enden, um sich zwischen den Dornfortsätzen zu verklemmen (Rickert et al., 2015, Bosworth, 1942).

Verschiedene Implantate zur Stabilitätsverbesserung mittels interner Fixierung waren Ausgangspunkt für die intervertebrale Fusion (Rickert et al., 2015): Interspinöse Drahtschlingen (Hadra, 1891 (Hadra, 2007)), interartikuläre Facettengelenkschrauben (King, 1948 (King, 1948)), transpedikuläre Schrauben-Platten-Systeme (Roy-Camille, 1961 (Roy-Camille et al., 1970)), Haken-Stab-Systeme (Harrington, 1962 (Harrington, 1962, Harrington, 1967)), Schrauben-Stab-Systeme/Fixateur externe (Magerl, 1977 (Magerl, 1984)) bzw. Fixateur interne (Dick, 1984 (Dick et al., 1985)) (Rickert et al., 2015).

Zunächst wurden vorwiegend kurzstreckige Fusionen bei der damals häufigeren tuberkulösen Spondylodiszitis (Pott-Erkrankung) durchgeführt. Langstreckige Fusionen wurden im Verlauf vermehrt zur Skoliotherapie eingesetzt, maßgeblich beeinflusst durch Harringtons OP-Technik (Wirth, 2004b). Insbesondere die pedikuläre Verschraubung bewährte sich, u.a. im Rahmen kurzstreckiger Fusionen bei Wirbelkörperfrakturen, Spondylolisthesen und postoperativer Instabilitäten nach Bandscheibenoperationen (Carl et al., 1992, Hildebrandt, 2005, Wirth, 2004b).

### **1.3.2 Entwicklung der interkorporellen Fusion - die dorsalen Fusionstechniken**

#### **1.3.2.1 Posterolaterale Fusion (PLF)**

Vor Erfindung der interkorporellen Fusion war die posterolaterale (intertransversale) Fusion Therapiestandard (Rickert et al., 2015). Diese wurde 1939 durch Campbell (Campbell, 1927) eingeführt. Über einen Mittellinienzugang erfolgte die Dekompression nervaler Strukturen mittels einer Laminektomie. Querfortsätze und Facettengelenke wurden zur Anfrischung des Fusionsbettes dekortiziert. Abschluss bildete die Anlagerung autologer Beckenkammspäne um die Querfortsätze und Facettengelenke, um eine knöcherne Fusion zu fördern (Wang et al., 2005, Rickert et al., 2015).

### **1.3.2.2 Posteriore Lumbale Interkorporelle Fusion (PLIF)**

Trotz steigender Fusionsraten mit zunehmender Erfahrung der Operateure kompromittierten hohe Pseudoarthrosen das Operationsergebnis. Problematisch waren außerdem unbefriedigende Langzeitergebnisse nach Nukleotomien und mangelnde Knochenanlagerungsmöglichkeiten nach Laminektomien (Rickert et al., 2015). Zur weiteren Verbesserung der Fusionsraten wurde die interkorporelle Fusion entwickelt (de Kunder et al., 2018, Rickert et al., 2015). Man verstand, dass der primär lasttragende Teil der Wirbelsäule durch die Wirbelkörper verläuft - und nicht wie angenommen - den dorsalen Bereich der Wirbelsäule (Rickert et al., 2015)

Bei der posterioren lumbalen interkorporellen Fusion (PLIF) wurde über einen dorsalen Zugang die Bandscheibe entfernt und durch zwei interkorporelle Platzhalter (Cages) ersetzt, die mit autologem Knochenmaterial befüllt waren. Hierdurch wurde eine knöcherne Fusion des betroffenen Bewegungssegmentes erreicht. Ein transpedikulär fixiertes Schrauben-Stabsystem sorgte für zusätzliche Stabilität.

Briggs und Milligan beschrieben 1944 (Briggs, 1944) erstmalig die vorwiegend lumbosacral eingesetzte PLIF-Technik. Für die interkorporelle Fusion versuchten sie anfangs, den Zwischenwirbelraum (ZWR) nach Bandscheibenentfernung mit autologen Knochenchips aufzufüllen. Bei ausbleibendem Fusionserfolg vermuteten sie einen Mangel an Primärstabilität. Zur Stabilitätsverbesserung modifizierten sie ihre Technik, indem sie einen Knochendübel aus dem Dornfortsatz modellierten und in das Bandscheibenfach einsetzten. Dorsal entlang der L5-S1-Lamina und zwischen den Wirbelbogengelenken angelagerte Knochenchips dienten der zusätzlichen Fusionsförderung (Rickert et al., 2015).

1946 veröffentlichte Jaslow (Jaslow, 1946) eine modifizierte Technik, bei der mehrere aus dem Dornfortsatz gewonnene Knochendübel in das Bandscheibenfach implantiert wurden (Fleege et al., 2015, Rickert et al., 2015). Vorteile sah Jaslow beim Erhalt der Bandscheibenfachhöhe, der Frühmobilisation der Patienten, der Verbesserung der Primärstabilität und Reduktion von Pseudoarthrosen (Rickert et al., 2015, Jaslow, 1946).

Cloward beschrieb 1953 (Cloward, 1953) eine neue Fusionstechnik mit Transplantation autologer Beckenkammspäne in das Bandscheibenfach und oberhalb des interlaminären Fensters (Rickert et

al., 2015). Hibbs' Resultate (Hibbs, 2007) waren unbefriedigend, persistierende Rückenschmerzen und Fusionsversagen mit Pseudarthrosen häufig (Rickert et al., 2015). Cloward unterstrich die erhöhte Stabilität des Knochendübels und verringerte Pseudarthrosenrate, da das Knochentransplantat in der Hauptbelastungszone des Bandscheibenfachs nicht dislozierte und für eine zügige Osteointegration sorgte (Rickert et al., 2015, Cloward, 1953, Cloward, 1952).

Technisch war das PLIF-Verfahren zwar anspruchsvoller als die posterolaterale Fusion, hatte allerdings bessere Fusionsraten von über 85% (Cole et al., 2009, Rickert et al., 2015). Die positiven Langzeitergebnisse lagen 1985 laut Cloward (Cloward, 1985) bei 87-92%. Komplikationen blieben dennoch nicht aus: Dura-/Nervenverletzungen, vermehrter Blutverlust, Pseudarthrosen, Transplantatdislokationen und Wirbelkörpersinterungen (Rickert et al., 2015, Cloward, 1981, Cole et al., 2009). Die wiederhergestellte Bandscheibenhöhe konnte oft nicht erhalten werden, da es postoperativ zur Absorption oder zum Einbruch des Knochentransplantates kam. Um genannte Probleme zu verringern, wurden stabile intervertebrale Implantate entwickelt (Cloward, 1981, Rickert et al., 2015).

### **1.3.2.3 Intervertebrale Implantate**

Die Entwicklung intervertebraler Implantate diente der Verbesserung von Primär- und Langzeitstabilität und der Fusionsraten (Rickert et al., 2015). Bagby entwickelte den ersten intervertebralen Cage und publizierte 1987 (Bagby, 1988) seine Forschungsergebnisse. Er therapierte Pferde mit sog. „Wobbler-Syndrom“, einer zervikalen Spondylopathie mit Ataxie und Paresen (Rickert et al., 2015, Pujol, 2003). Bagbys Cage war ein hohler, rostfreier und mit autologen Knochenspänen befüllter Stahlzylinder, der Fensterungen für das Einwachsen des Knochens besaß. (Rickert et al., 2015, Bagby, 1988). Die erzielten Fusionsraten betragen bis zu 88% (Rickert et al., 2015). Ein erhöhtes Risiko bestand für die Cagedislokation und Knocheneinsinterung, da das Elastizitätsmodul stark von dem des Knochens abwich (Rickert et al., 2015, Bagby, 1988, Kuslich, 1998). Butts et al. (Butts et al., 1987) betrachteten 1986 Bagbys Technik unter biomechanischen Aspekten, indem sie zwei parallel im Bandscheibenraum platzierte Implantate benutzten (Kuslich, 1998, Rickert et al., 2015).

Der Bagby- und Kuslich-Cage (BAK) war eine Weiterentwicklung des „Bagby-Baskets“: ein leicht konischer, zylindrischer Titancage mit innerem Hohlraum und äußeren Löchern. Seine Form ermöglichte beim Eindrehen die Knochenbefüllung des Cages und den Kontakt zum Knochengraft (Kuslich, 1998, Rickert et al., 2015).

Harms führte 1986 den zylindrischen Harms-Cage ein (Tarhan et al., 2015, Rickert et al., 2015), der aus Titan-Drahtgeflecht bestand und einige Vorteile gegenüber anderen Cages bot. Die schmale Kontaktfläche zwischen dem fenestrierten Cage und den vertebraalen Endplatten vergrößerte den Kontakt zwischen Knochengraft und Endplatten und erhöhte die Fusionsraten. Das Elastizitätsmodul ähnelte mehr dem natürlicher Wirbelkörper im Vergleich zu den damaligen starren Implantaten. Ab 1991 erfolgte die Anwendung als intervertebraler Platzhalter bei lumbalen intervertebralen Fusionen, bis heute wird er zusätzlich bei Tumoren, Frakturen, Spondylodiszitiden und Deformitäten eingesetzt (Tarhan et al., 2015, Rickert et al., 2015).

Brantigan entwickelte 1994 (Brantigan et al., 1994) den CFRP-Cage („carbon-fiber-reinforced-polymer“) mit Einkerbungen an der Oberfläche, die ein Verrutschen in den Wirbelkanal verhinderten. Durch das strahlendurchlässigere Karbon war die knöcherne Fusion radiologisch besser zu beurteilen als bei Titancages (Rickert et al., 2015).

#### **1.3.2.4 Transforaminale lumbale interkorporelle Fusion (TLIF)**

Die 1981 von Blume (Blume, 1985) und 1982 von Harms und Rolinger (Harms and Rolinger, 1982) erstmalig beschriebene TLIF-Technik wurde entwickelt, um durch den bilateralen Zugangsweg bedingte Komplikationen und Risiken des PLIF-Verfahrens zu reduzieren (Cole et al., 2009, de Kunder et al., 2017, Mobbs et al., 2015, Humphreys et al., 2001). Seit 1993 führte Harms dieses Verfahren durch und beschrieb es ausführlich mit Jeszenszky 1998 (Harms, 1998, Rickert et al., 2015).

Beim TLIF erfolgte der Zugang zum Bandscheibenfach nach einer Mittellinieninzision transforaminal und damit weiter lateral als beim PLIF. Über eine unilaterale Facettektomie auf der beschwerdeführenden Seite wurde das Foramen intervertebrale eröffnet, das Bandscheibenfach ausgeräumt und mit einem Spongiosa-befüllten Cage besetzt. Anfangs wurden wie bei der PLIF-Technik zwei Cages eingesetzt, später lediglich einer (Cole et al., 2009). Dies sollte die Cage-Positionierung erleichtern, da die symmetrische Positionierung beider Cages schwierig war und der

zweite Cage beim Einführen zur Dislokation des ersten Cages führen konnte. Man rechnete zudem mit einer Kostenreduktion (Rickert et al., 2015, el-Masry et al., 2008, Zhou et al., 2011). Durch die Facettektomie mit Erweiterung des Foramen intervertebrale wurden komprimierte nervale Strukturen entlastet. Eine dorsale Instrumentierung mit Pedikelschrauben und Stäben ermöglichte eine Distraction des betroffenen Bewegungssegmentes, um den Zwischenwirbelraum für die Cageimplantation zu erweitern. Abschließend wurde die Distraction der dorsalen Instrumentation in Kompression umgewandelt, um die Stabilität und Lordose im betroffenen Segment wiederherzustellen. Eine beidseitige, dorsolaterale Anlagerung von Knochenchips um die angefrischten Querfortsätze komplettierte den Eingriff (Rickert et al., 2015, Harms, 1998, Cole et al., 2009).

Sowohl mit dem PLIF- als auch dem TLIF-Verfahren konnte man komprimierte Nervenstrukturen entlasten, einen Graft in der primär lasttragenden Achse der Wirbelsäule positionieren und postoperative Primärstabilität schaffen (Cole et al., 2009). Die TLIF-Technik hatte dennoch einige Vorteile im Vergleich zum PLIF-Verfahren: Der einseitige Zugang reduzierte das häufig mit PLIF-Operationen assoziierte Risiko für Dura- oder Nervenverletzungen (Cole et al., 2009). Die beim TLIF umfassendere knöcherne Resektion mit kompletter Facettektomie und der laterale Zugang zum Bandscheibenfach minimierten die Retraktion des Duralsackes und damit das Risiko möglicher Nervenverletzungen (Harms and Rolinger, 1982, Cole et al., 2009). Durch die unilaterale Facettektomie wurde das kontralaterale Gelenk erhalten, was mehr Anlagerungsfläche für die knöcherne Fusion bot und die iatrogen bedingte Segmentinstabilität verminderte (Cole et al., 2009, Humphreys et al., 2001). Einigen Studien zufolge konnten beim TLIF-Verfahren Operationszeit, Blutverlust und epidurale Narbenbildung reduziert werden (de Kunder et al., 2017, Schnake et al., 2019).

## **1.4 Indikationsstellung für PLIF und TLIF**

### **1.4.1 Indikationen**

PLIF und TLIF haben das gleiche Indikationsspektrum (Schnake et al., 2019), das sich zunehmend durch die besseren Implantate erweitert hat (Cole et al., 2009). Hauptanwendungsgebiet beider Techniken ist die Behandlung degenerativer Wirbelsäulenveränderungen, die ein oder mehrere Segmente betreffen (Fleege et al., 2015): degenerative/lytische Spondylolisthesen, Spinalkanalstenosen, Osteochondrosen, Spondylarthrosen und Lumbalskoliosen (Reichel, 2000, Fleege et al., 2015). Weitere Indikationen sind Wirbelkörperfrakturen, rezidivierende Bandscheibenvorfälle, Tumoren, Spondylodiszitiden und diskogene lumbale Rückenschmerzen (Schnake et al., 2019, Cole et al., 2009). Operative Fusionen sind bei letztgenannter Indikation umstritten, da die Ursache der Rückenschmerzen bei Diagnosestellung oft unklar ist (Zdeblick, 1995, Sidhu and Herkowitz, 1997, Cole et al., 2009). Fusionen sind hier weniger erfolgsversprechend als bei Spondylolisthesen, die als beste Indikationen gelten (Duparc, 2005).

Ziel ist die Deformitätenkorrektur, Wiederherstellung des sagittalen Profils und Stabilisierung bei Skoliosen, Kyphosen und Olisthesen (Schnake et al., 2019, Cole et al., 2009). Die Wiederherstellung und Erhaltung der ursprünglichen Bandscheibenhöhe soll eine dauerhafte Dekompression des Duralsacks und abgehender Nervenwurzeln bewirken (Kim, 2018). Interkorporelle Cages vergrößern den Querschnitt des Neuroforamens und dekomprimieren indirekt neurale Strukturen (Schnake et al., 2019). Bei einer stabilen lumbalen Spinalkanalstenose wird eine mikrochirurgische Dekompression in „cross-over“- Technik empfohlen, mit beidseitiger Dekompression über einen einseitigen Zugang. Bei zusätzlicher degenerativer Instabilität ist eine ergänzende instrumentierte Fusion erforderlich (Papavero and Kothe, 2015).

### **1.4.2 Kontraindikationen**

Es gibt keine absolute Kontraindikation für die Durchführung von PLIF- bzw. TLIF-Operationen. Die relativen Kontraindikationen für PLIF- und TLIF-Eingriffe sind ähnlich: ausgedehnte epidurale Vernarbungen nach dorsalen Voroperationen, Arachnoiditis, aktive Infektionen, Osteoporose und

miteinander verbundene Nervenwurzeln, die den Zugang zum Bandscheibenfach erschweren  
(Fleege et al., 2015)

## 2. Material und Methoden

### 2.1 Studiendesign und Patientenkollektiv

Die Registerstudie vergleicht zwei Patienten-Kohorten aus zwei Kliniken (Schön Klinik Hamburg-Eilbek und Schön Klinik München-Harlaching). 1303 Patienten wurden zwischen dem 27.12.2013 und dem 06.07.2017 aufgrund einer degenerativen Wirbelsäulenerkrankung mit PLIF in der Schön Klinik Hamburg-Eilbek oder mit TLIF in der Schön Klinik München-Harlaching behandelt.

Einschlusskriterien:

1. PLIF: Fusion von 1-3 Segmenten aufgrund degenerativer Instabilität
2. TLIF: Fusion von 1-3 Segmenten aufgrund degenerativer Instabilität

Ausschlusskriterien:

Patienten mit zusätzlicher ventraler Fusion oder dorsale Fusionen über mehr als 3 Segmente.

Im Beobachtungszeitraum (2013-2017) wurden 1303 Patienten prospektiv im konzerneigenen Wirbelsäulenregister erfasst. 762 Patienten willigten in die postoperative Erfassung ihrer Outcome-Daten (Patient Related Outcome Measures = PROMS) 3, 12 und 24 Monate nach dem Eingriff ein. Nach Ausschluss von 161 Patienten wegen kombinierter dorsoventraler Eingriffe oder langstreckiger Fusionen wurden 1142 Patienten mit dorsaler Fusion in PLIF- oder TLIF-Technik über 1-3 Segmente eingeschlossen.

In Hamburg-Eilbek wurden 702 PLIF-Patienten und in München-Harlaching 440 TLIF-Patienten operiert. Davon waren im PLIF-Kollektiv 297 (42 %) männlich und 405 (58 %) weiblich, im TLIF-Kollektiv 193 (44 %) männlich und 247 (56 %) weiblich. Bei 745 Patienten (65,23 %) handelte es sich um einen Ersteingriff (PLIF: n = 520 = 74 % / TLIF: n = 225 = 51 %). 397 Patienten (34,76 %) waren voroperiert (PLIF: n = 182 = 26 % / TLIF: n = 215 = 49 %).

Grundlage dieser Studie bildete die retrospektive Erfassung perioperativer Parameter und die prospektive Erhebung des klinischen Outcomes mittels folgender PROMS (Patient Related Outcome Measures): VAS (Visuelle Analogskala) Rücken, VAS Bein, EQ5D und ODI (Oswestry Disability Index).

Ausgewertet wurden Arzt- und Ambulanzbriefe, Operationsberichte und Anästhesieprotokolle.

Die Studie wurde in zwei Abschnitte gegliedert: Im ersten Teil der Studie wurden retrospektiv bei allen im klinikeigenen Register erfassten Patienten (n = 1303) die folgenden perioperativen Parameter analysiert: OP-Datum, Alter zum Zeitpunkt der Operation, Geschlecht, ASA-Score, stationäre Aufenthaltsdauer, OP-Lokalisation, Anzahl dekomprimierter Segmente, Anzahl fusionierter Segmente, Art der Spondylolisthese, Meyerding-Grad, Vorliegen einer zentralen Stenose, Vorliegen einer Neuroforamenstenose, Nebendiagnosen, Primär-/Revisionseingriff, Operationstechnik (PLIF/TLIF), Schnitt-Naht-Zeit, Röntgendauer, Gabe von Bluttransfusionen, Implantatart (Schrauben-Stab-System / Cagemodell), letzte ambulante Wiedervorstellung nach Index-OP, 30-Tage-Wiederaufnahmerate.

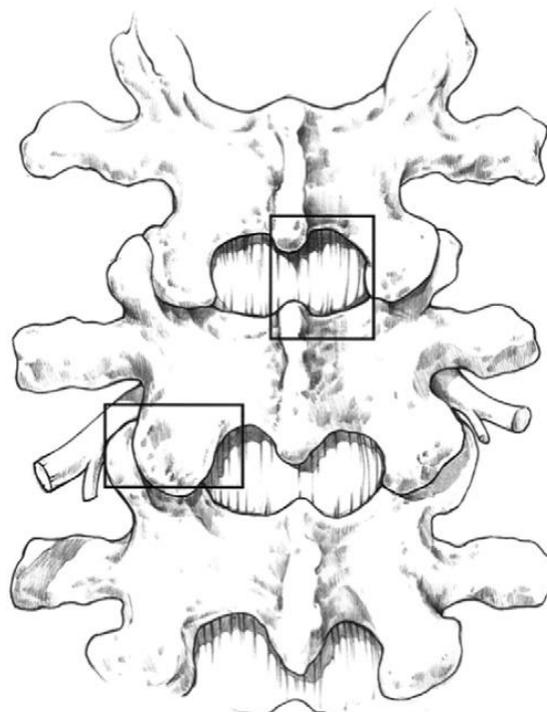
Zusätzlich wurden alle Komplikationen erfasst und nach den SAVES-Kriterien (Spine Adverse Event Severity System (Rampersaud et al., 2016)) ausgewertet. Die Komplikationen intraoperativ, während des stationären Aufenthaltes und poststationär im Rahmen der ambulanten Verlaufskontrollen (nach 3, 12 und 24 Monaten) wurden erhoben.

Im zweiten Abschnitt der Studie wurden zwei vergleichbare Kollektive zusätzlich hinsichtlich der klinischen Ergebnisse beurteilt. Dabei handelte es sich um Patienten mit monosegmentaler Fusion bei degenerativer Spondylolisthese, die entweder in PLIF- oder TLIF-Technik operiert wurden, und ein vollständiges Follow-up (FU) von mind. 12 Monaten besaßen. Neben den perioperativen Daten wurden folgende PROMS erfasst: VAS Rücken, VAS Bein, EQ-5D und ODI (Oswestry Disability Index).

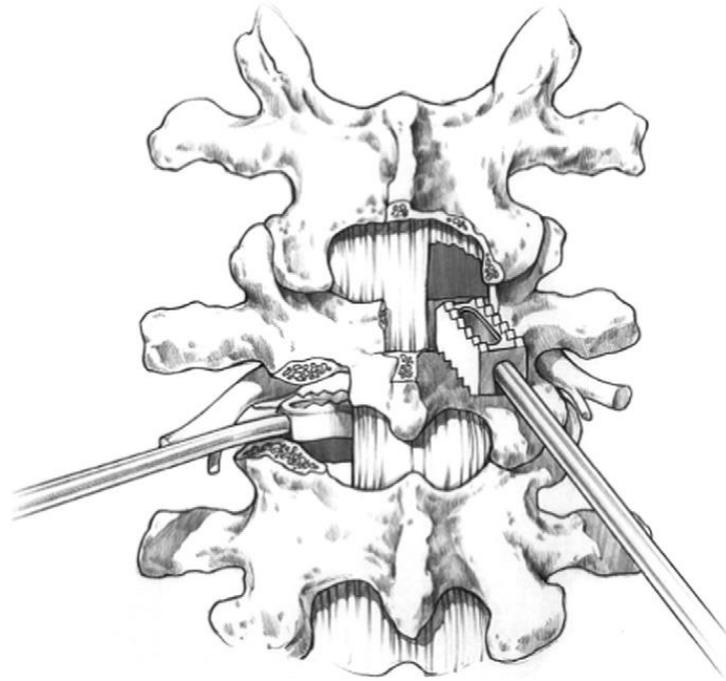
Zur Datenerfassung wurde das Programm Microsoft Excel 2016 für Mac in der Version 16.16.12 genutzt. Die Schön Klinik – Hamburg-Eilbek und Schön Klinik – München-Harlaching stellte jeweils die Patientendaten der dort operierten Patienten mit Arzt- und Ambulanzbriefen, Anästhesieprotokollen sowie OP-Berichten zur Verfügung, die im klinikeigenen Orbis-System (Agfa) gespeichert waren. Nach Datenerhebung und Erfassung in einer Exceltabelle wurden diese mit der Basisdokumentation vom Qualitätsmanagement der Schön Klinik in Prien abgeglichen. Dorsoventrale und langstreckige Fusionen wurden ausgeschlossen (n = 138).

Bei monosegmental fusionierten Patienten nach degenerativer Spondylolisthese, bei denen die notwendigen präoperativen Daten (ODI-Aufnahme, EQ5D-Aufnahme) vollständig vorlagen, jedoch kein vollständiges Follow-up von mind. 12 Monaten existierte, wurde eine telefonische Nachbefragung durchgeführt. Telefonisch wurde anhand von drei Fragebögen (Basisfragebogen für Eingriffe an der LWS, ODI, EQ5D) der postoperative klinische Zustand und die subjektive Patientenzufriedenheit erfasst. Insgesamt wurden im PLIF-Kollektiv 92 Patienten telefonisch nachbefragt, im TLIF-Kollektiv 29 Patienten.

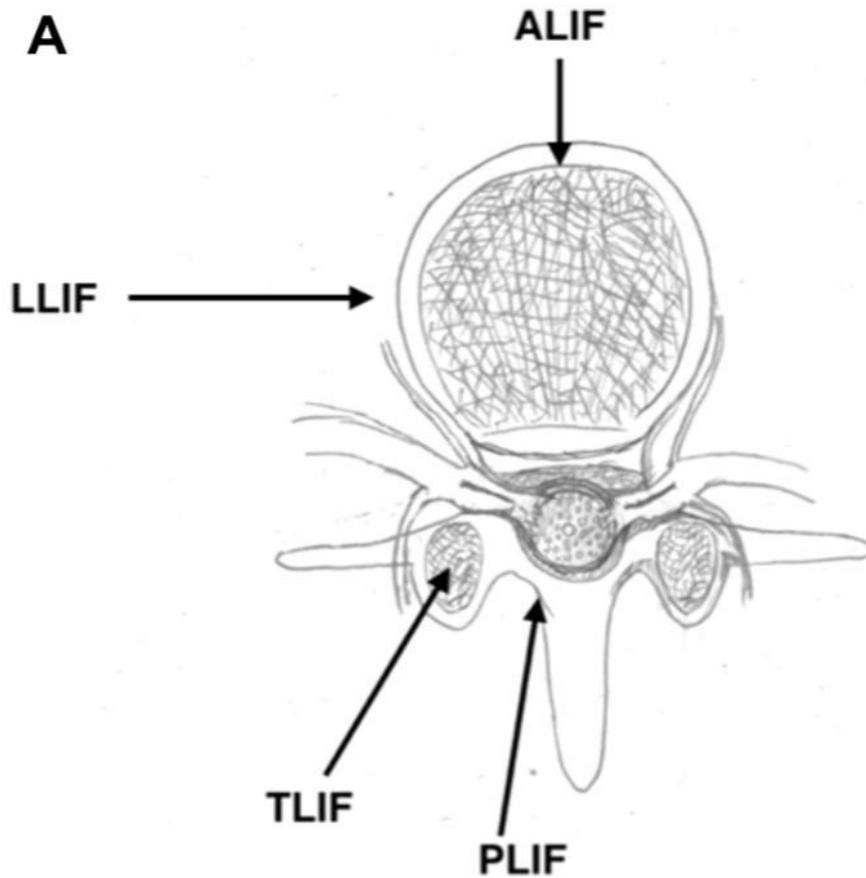
Nach Abschluss der telefonischen Nachbefragung wurden die perioperativen Grunddaten in der Excel-Tabelle mit den Daten aus der Basisdokumentation und den Daten der Fragebögen aus der telefonischen Nachbefragung ergänzt. Hierfür wurde in Prien durch das Qualitätsmanagement der aktuelle Datenstand auf dem klinikeigenen SQL-Server abgefragt und inzwischen erhaltene Follow-up-Fragebögen hinzugefügt. Somit lagen neben den komplettierten Grunddaten die Follow-up-Daten zum Aufnahmezeitpunkt, 3, 12 und 24 Monate postoperativ sowie die Ergebnisse der telefonischen Nachbefragung in einem Datensatz vor.



*Abbildung 2: Schematische Darstellung der Lendenwirbelsäule mit Resektionsareal und Zugangsweg zum Zwischenwirbelraum. Der obere Kasten stellt den Zugangsweg für die PLIF-Technik dar, der untere Kasten zeigt den Zugangsweg der TLIF-Technik (Cole et al., 2009).*



*Abbildung 3: Schematische Illustration der Lendenwirbelsäule mit Darstellung der Cage-Einführung in PLIF-Technik (oben) und TLIF-Technik (unten) (Cole et al., 2009).*



*Abbildung 4: Schematische Darstellung der Zugangswege der vier geläufigen interkorporellen Fusionstechniken ALIF, LLIF (=XLIF), TLIF und PLIF (Talia, 2015).*

## **2.2 Operationstechniken**

### **2.2.1 Posteriore Lumbale interkorporelle Fusion (PLIF)**

In der Schön Klinik – Hamburg-Eilbek wird eine weniger invasive Variante („mini-open“) der konventionellen PLIF-Technik durchgeführt. Das zu operierende Segment wird mittels Bildwandler lokalisiert und markiert. Über eine Mittellinieninzision, Eröffnen der Muskelfaszie und subperiostales Ablösen der paravertebralen Rückenmuskulatur wird der OP-Situs dargestellt. Unter Röntgenkontrolle werden polyaxiale Schrauben in die Pedikel der entsprechenden Lendenwirbelkörper eingebracht. Im Unterschied zu der konventionellen Technik wird die paravertebrale Muskulatur nicht im gesamten OP-Situs durch Adson-Retraktoren gespreizt, sondern nur lokal im Bereich des Zielpedikels durch einen Langenbeck retrahiert. Dieses Vorgehen minimiert die Retraktionszeit der Muskulatur erheblich und dadurch die damit einhergehende Beeinträchtigung der Muskelperfusion. Nach fluoroskopischer Lagekontrolle der Pedikelschrauben in zwei Ebenen werden die Stäbe eingebracht. Es folgt eine mediale Facettenresektion beidseits. Unter OP-Mikroskop werden Laminotomie, Flavektomie und Dekompression neuraler Strukturen durchgeführt. Das Bandscheibenfach wird ausgeräumt. Grund- und Deckplatten werden angefrischt und das ventrale Bandscheibenfach mit kortikospongiösen Knochenspänen aufgefüllt. Zwei Titanbeschichtete PEEK-Cages, die ebenfalls mit autologen Knochenchips befüllt sind, werden unter Bildwandlerkontrolle in den ZWR eingeschlagen. Mit einer beidseitigen Kompression der Pedikelschrauben über die Stäbe wird die Lordosierung des Segmentes eingestellt.

### **2.2.2 Transforaminale Lumbale Interkorporelle Fusion (TLIF)**

In der Schön Klinik München-Harlaching wird die TLIF-Technik angewendet. Das zu operierende Segment wird mittels Bildwandler lokalisiert und markiert. Über einen dorsalen Zugang wird wie bei der PLIF-Technik mithilfe eines medialen Hautschnittes, Eröffnen der Muskelfaszie und subperiostales Ablösen der paravertebralen Rückenmuskulatur der OP-Situs dargestellt. Im Gegensatz zum PLIF-Verfahren erfolgt eine unilaterale Facettektomie, üblicherweise auf der klinisch dominanten Seite. Nach Präparation der Pedikeleintrittspunkte und Einbringen der Pedikelschrauben erfolgt die Bildwandlerkontrolle in zwei Ebenen. Durch Einbringen zweier Längsträgerstabsysteme wird eine Reposition des betroffenen Lendenwirbelkörpers bewirkt, indem

die Schraube im entsprechenden Operationsareal angezogen wird. Unter OP-Mikroskop wird das interlaminäre Fenster mithilfe einer Laminotomie erweitert. Flavektomie und die vorsichtige Präparation der Dura ermöglichen die Darstellung der abgehenden Nervenwurzel im Foramen. Es folgt die einseitige Facettektomie von medial nach lateral. Mithilfe eines Wurzelretraktors wird die Nervenwurzel medialisiert und das Bandscheibenfach kastenförmig eröffnet. Wie beim PLIF-Verfahren wird Bandscheibengewebe entfernt und die jeweiligen Grund- und Deckplatten werden kurettiert. Nach Einführung eines Probecages werden das Bandscheibenfach und der größtmäßig ausgewählte TLIF-Cage mit autologem Knochen befüllt und anschließend in das Bandscheibenfach impaktiert. Die Kompression der Instrumentation lordosiert das Segment. Ein Anfrischen der Facette und Lamina im Fusionsbett mit Anlagerung autologen Knochenmaterials beenden den Eingriff.

### **2.3 Komplikationserfassung**

Das Fehlen eines einheitlichen Klassifikationssystems für Komplikationen (Adverse Events = AE) in der Wirbelsäulen Chirurgie und unterschiedliche Komplikationsdefinitionen erschweren den Vergleich verschiedener Studienergebnisse. Das 2010 veröffentlichte und im ersten Studienteil zur Komplikationserfassung angewendete Spine Adverse Events Severity System soll ein einheitliches Klassifikationssystem für Komplikationen in der Wirbelsäulen Chirurgie schaffen (Rampersaud et al., 2016).

Die aktuelle Version der SAVES-Klassifikation (SAVES-V2) enthält 14 spezifische intraoperative (z.B. Duraläsion) und 22 spezifische postoperative AEs (z.B. Myokardinfarkt). Eine zusätzliche Kategorie, die nicht in der ursprünglichen Liste aufgeführt ist, erlaubt die freie Beschreibung von weiteren Komplikationen / AEs. Unterteilt werden diese in sechs Schweregrade, basierend auf klinischer Auswirkung und Therapiebedarf der AEs (Rampersaud et al., 2016). Die im Folgenden aufgeführte SAVES - Klassifikation (SAVES-V2) wurde bei den 1142 Patienten unserer Studie dokumentiert und ausgewertet.

**TABLE 1. SAVES-V2 severity grades**

Severity of AE	Clinical Impact
1	AE does not require treatment & has no adverse effect
2	AE requires minor invasive (e.g., Foley catheter, nasogastric tube) or simple treatment but has no long-term effect
3	AE requires invasive (e.g., surgery) or complex treatment (e.g., monitored bed) & is most likely to have a temporary (<6 mos) adverse effect on outcome
4	AE requires invasive (e.g., surgery) or complex treatment (e.g., monitored bed) & is most likely to have a prolonged (>6 mos) adverse effect on outcome*
5	Significant neural injury (i.e., 1 or more grade deterioration in ASIA grade) or serious life- or limb-threatening event or any sentinel event†
6	AE resulting in death

ASIA = American Spinal Injury Association.

\* Any AE with a functionally significant (i.e., patient reported) and most likely prolonged (> 6 months) adverse effect on outcome, regardless of required treatment (e.g., nerve root injury that cannot be treated), should be Grade 4.

† A sentinel event is an unexpected, serious life- or limb-threatening event(s) or any event (e.g., wrong level surgery) that necessitates a formal institutional review process and reporting as defined by your specific institution.

*Abbildung 5: SAVES-V2-Schweregrade (Rampersaud et al., 2016)***TABLE 2. SAVES-V2 intraoperative AE categories**

Intraop AE Category
1. Allergic reaction
2. Anesthesia related
3. Bone implant interface failure requiring revision
4. Cardiac
5. Cord injury
6. Dural tear
7. Hardware malposition requiring revision
8. Hypotension (systemic <85 mm Hg for 15 min)
9. Massive blood loss (>5 L in 24 hrs or >2 L in 3 hrs)
10. Nerve root injury
11. Pressure sores
12. Vascular injury
13. Airway/ventilation
14. Visceral injury
15. Other (specify: )

*Abbildung 6: SAVES-V2 intraoperative Adverse Events-Kategorien (Rampersaud et al., 2016)*

**TABLE 3. SAVES-V2 postoperative AE categories**

Postop AE Category	
1. Cardiac arrest/failure/arrhythmia	
2. Construct failure with loss of correction	
3. Construct failure without loss of correction	
4. CSF leak/meningocele	
5. Deep vein thrombosis	
6. Deep wound infection	
7. Delirium	
8. Dysphagia	
9. Dysphonia	
10. Gastrointestinal bleeding	
11. Hematoma	
12. Myocardial infarction	
13. Neurologic deterioration $\geq 1$ motor grade in ASIA motor scale	
14. Nonunion	
15. Pneumonia	
16. Postop neuropathic pain	
17. Pressure sores	
18. Pulmonary embolism	
19. Superficial wound infection	
20. Systemic infection	
21. Urinary tract infection	
22. Wound dehiscence	
23. Other (specify: _____ )	
Estimated effect of AE on LOS:	
<input type="checkbox"/> None	<input type="checkbox"/> 8–14 days
<input type="checkbox"/> 1–2 days	<input type="checkbox"/> 15–28 days
<input type="checkbox"/> 3–7 days	<input type="checkbox"/> More than 28 days

*Abbildung 7: SAVES-V2 postoperative Adverse Events-Kategorien (Rampersaud et al., 2016)*

## 2.4 Evaluation des klinischen Outcomes

Im zweiten Studienabschnitt wurde bei 298 Patienten mit monosegmentaler Fusion bei degenerativer Spondylolisthese in PLIF- oder TLIF- Technik das klinische Outcome evaluiert. Die Patienten hatten zuvor der postoperativen Erfassung ihrer Outcome-Daten (Patient Related Outcome Measures = PROMS) nach 3, 12 und 24 Monaten zugestimmt. 3, 12 und 24 Monate nach dem Eingriff haben die Patienten anhand von validierten, Rückenschmerz-spezifischen (ODI) und nichtkrankheitsspezifischen Fragebögen (EQ-5D) das postoperative klinische Ergebnis bewertet.

Eine postalische Kontaktaufnahme mit den Patienten erfolgte zu diesen Zeitintervallen durch Mitarbeiter der in Prien ansässigen Abteilung für Qualitätsmanagement. Alle 3, 12 und 24 Monate postoperativ erfassten Daten wurden in der Basisdokumentation gespeichert und archiviert. Ausgewertet wurden die Daten präoperativ sowie 3, 12 und 24 Monate postoperativ. Die Nachbefragung aller monosegmental fusionierten Patienten, bei denen keine vollständigen Follow-up-Werte von mind. 12 Monaten vorlagen, erfolgte telefonisch. Neben den perioperativen Daten wurden folgende PROMS erfasst: VAS Rücken, VAS Bein, EQ5D und ODI, die im Folgenden kurz erläutert werden. Im Anhang sind die entsprechenden Fragebögen aufgeführt.

#### **2.4.1 Basisfragebogen für Eingriffe an der LWS**

Der Basisfragebogen für Eingriffe an der LWS dient der Objektivierung des klinischen postoperativen Ergebnisses. Anhand von acht Fragen mit mehreren Antwortmöglichkeiten soll der postoperative Zustand eruiert werden: 1. Durchführung einer Reha postoperativ; 2. Einnahme von Schmerzmitteln wegen Bein- bzw. Rückenschmerzen; 3. Veränderung der Rückenschmerzen im Vergleich zu präoperativ; 4. Veränderung der Beinschmerzen im Vergleich zu präoperativ; 5. Rückkehr in den alten Beruf; 6. Gehstrecke unter normalen Umständen; 7. Zufriedenheit in Bezug auf das Operationsergebnis; 8. Erneute Durchführung der Operation aus heutiger Sicht.

Abschließend wird anhand der VAS-Skala (Visuelle Analog Skala) das subjektive Schmerzempfinden der Patienten in Bezug auf ihre Rücken- und Beinschmerzen gemessen. Die beiden Endpunkte auf der allgemein bekannten Schmerzskala reichen von „keine Schmerzen“ (=0) bis „stärkste vorstellbare Schmerzen“ (=10). Die eingetragene Markierung wird in einen Zahlenwert umgewandelt. Bei allen Patienten ohne vollständiges follow-up von mind. 12 Monaten wurde die VAS-Skala aus logistisch-praktischen Gründen telefonisch im Sinne einer NRS (Numerische Rating-Skala) besprochen.

#### **2.4.2 Oswestry Disability Index (ODI)**

Der Oswestry Disability Index (ODI) ist ein sehr empfohlenes, krankheitsspezifisches Outcome-Messinstrument bei Wirbelsäulenerkrankungen (Fairbank, 2000). Der 1980 (Couper et al., 1980) erstmals publizierte (Mannion et al., 2006) Fragebogen ist ein validiertes Messinstrument, um den Schmerz- und Funktionszustand bei Patienten mit chronischen Rückenschmerzen zu quantifizieren

(Tal, 2009). Ermittelt werden anhand von 10 Fragen neben der aktuellen Schmerzstärke die durch Rückenschmerzen verursachte Einschränkung und Schmerzintensität bei alltäglichen Aktivitäten, wie Körperpflege (Waschen, Ankleiden usw.), Heben, Gehen, Sitzen, Stehen, Schlafen, Sexual- und Sozialleben sowie Reisen (Tal, 2009). Pro Frage soll der Patient nur *eine* auf seinen Funktionszustand zutreffende Antwort auswählen, bei mehreren Antworten die am ehesten zutreffende.

### **2.4.3 EQ-5D-Gesundheitsfragebogen**

Der 1987 veröffentlichte EQ-5D ist ein generischer, standardisierter Fragebogen zur Beschreibung und Erfassung gesundheitsbezogener Lebensqualität. Inhaltliche Grundlage bildeten eine Übersichtsarbeit damaliger Messinstrumente gesundheitsbezogener Lebensqualität und Studienergebnisse gesundheitsbeeinflussender Konzepte (Van Dalen et al., 1994, Greiner, 2012). Heute ist der EQ-5D global das führende generische Messinstrument gesundheitsbezogener Lebensqualität (Greiner, 2012, Räsänen et al., 2006). Ziele des EQ-5D waren die Quantifizierung der Lebensqualität und eine standardisierte, validierte, nichtkrankheitsspezifische Messung des Gesundheitszustandes (Graf et al., 1998). Für eine ausführliche Messung der Lebensqualität wurde der EQ-5D mit einem krankheitsspezifischen Messinstrument verwendet (Greiner, 2012).

Der Fragebogen besteht aus einem deskriptiven Teil und der EQ-5D-VAS (Visuelle Analog Skala). Der deskriptive Teil misst anhand von fünf Kategorien den aktuellen Gesundheitszustand des Patienten: Beweglichkeit/Mobilität, „Für sich selbst sorgen“, Allgemeine Tätigkeiten (z.B. Arbeit, Studium, Hausarbeit, Familien- oder Freizeitaktivitäten), Schmerzen/Körperliche Beschwerden und Angst/Niedergeschlagenheit.

In unserer Studie wurde die EQ-5D-3L-Version verwendet, mit je drei Antwortmöglichkeiten pro Frage: 1) „keine Probleme“, 2) „einige Probleme“ und 3) „extreme Probleme“. Nach Selbstbewertung der Patienten lässt sich deren individueller Gesundheitszustand durch Kombination der Antworten ableiten.

Die EQ-5D-VAS ist die bekannte Analogskala mit den Endpunkten „0“ („denkbar schlechtesten Gesundheitszustand“) und „10“ („denkbar besten Gesundheitszustand“) (Greiner, 2012, Graf et al., 1998).

## 2.5 Statistische Methoden

Die Studiendaten wurden mittels Microsoft Excel 2016 für Mac (Version 16.16.12) primär deskriptiv erfasst. Die statistische Datenauswertung erfolgte mithilfe des Statistikprogramms R für Mac (Version 3.6.3). Als Signifikanzniveau innerhalb der Hypothesentests verwendeten wir 5 %, d.h. es bestand eine statistische Signifikanz, sobald der p-Wert unterhalb 0,05 lag.

Die deskriptiven Daten wurden mittels absoluter und relativer Häufigkeit, Median, Mittelwert, Standardabweichung (SD) sowie Range dargestellt.

Mittels Boxplot erfolgte die graphische Darstellung der Ergebnisverteilung. Als Upper/Lower Whisker definierten wir ein Quartil  $\pm 1.5 \times$  IQR (Inter-Quartils-Range).

Für metrische Variablen (z.B. ODI) verwendeten wir den t-Test, um zu klären, ob Abweichungen im Mittelwert statistisch signifikant waren. Die PLIF- und TLIF-Kohorten sind unabhängig voneinander, sodass der t-Test genügte.

Für binäre Variablen (z.B. Komplikation/keine Komplikation) verwendeten wir Fishers exakter Test. Historisch wird meistens der Chi-Quadrat-Test verwendet, dies hat jedoch nur Rechenkapazitätsgründe. Der Chi-Quadrat-Test ist ein approximativer Test, während Fishers exakter Test exakt ist.

Für die Korrelationsanalysen wurde der Korrelationseffizient nach Pearson berechnet, der sowohl bei metrischen als auch binären Variablen einsetzbar ist.

### 3. Ergebnisse

#### 3.1 Datengrundlage des Gesamtkollektivs

Das Altersspektrum des gesamten Studienkollektivs (n = 1142) zum Zeitpunkt der Operation reichte von 11 bis 90 Jahren (Median 69, Mittelwert 66) [PLIF: n = 702, 15 - 89 Jahre, Median 71, Mittelwert 67 / TLIF: n = 440, 11 – 90 Jahre, Median 66; Mittelwert 63]. Die meisten Patienten, insbesondere im PLIF-Kollektiv, waren zwischen 70 und 79 Jahre alt (Gesamt: n = 467 = 40,89 %; PLIF n = 329 = 47 %; TLIF n = 138 = 31 %), wobei das TLIF-Kollektiv mehr jüngere Patienten (<50 Jahre) umfasste als das PLIF-Kollektiv.

Der ASA-Score reichte in beiden Studienkollektiven von 1 - 4 und war ähnlich verteilt. Für das gesamte Studienkollektiv lag er durchschnittlich bei 2,25 (PLIF 2,30 / TLIF 2,15). Im TLIF-Kollektiv war der ASA-Score etwas günstiger als im PLIF-Kollektiv, mit mehr ASA 1- und weniger ASA 3-Patienten. 8,2 % (n = 36) vom TLIF-Kollektiv hatten keine ASA-Score-Angabe.

Die durchschnittliche Verweildauer des gesamten Studienkollektivs betrug 9,29 Tage (Median 8) [PLIF 9,22 Tage (Median 8) / TLIF 9,39 Tage (Median 8)] und war bei beiden Verfahren in etwa gleich (t = -0.7623218, p = 0.4461196, also kein signifikanter Unterschied).

Die Schnitt-Naht-Zeit war bei PLIF-Patienten deutlich und statistisch signifikant kürzer als bei TLIF-Patienten (191 min. vs. 268 min., t = -16.464752, p = 2.89633\*10<sup>-52</sup> (also fast 0)).

Die häufigste OP-Lokalisation des gesamten Studienkollektivs war L4/5 mit 409 Patienten = 35,81 % (PLIF: n = 273 = 38,88 % / TLIF: n = 136 = 30,90 %), gefolgt von L5/S1 mit 180 Patienten = 15,76 % (PLIF: n = 101 = 14,38 % / TLIF: n = 79 = 17,95 %).

Die Anzahl der dekomprimierten Segmente reichte von 1 bis 5 und betrug durchschnittlich im gesamten Studienkollektiv 1,42 (Median 1) [PLIF 1,40 (Median 1) / TLIF 1,45 (Median 1)]. Die Anzahl der fusionierten Segmente reichte von 1 bis 3 und betrug durchschnittlich im gesamten Studienkollektiv 1,25 (Median 1) [PLIF 1,29 (Median 1) / TLIF 1,17 (Median 1)].

Der Meyerding-Grad reichte von 1-4 und betrug durchschnittlich im gesamten Studienkollektiv 1,18 (Median 1), im PLIF-Kollektiv 1,10 (Median 1) und im TLIF-Kollektiv 1,33 (Median 1).

Eine zentrale Stenose hatten 879 Patienten (75,51 %) im gesamten Studienkollektiv (PLIF: n = 572 = 77,71 % / TLIF: n = 307 = 71,72%). Eine Neuroforamenstenose hatten insgesamt 528 Patienten (45,36 %) (PLIF: n = 263 = 35,73% / TLIF: n = 265 = 61,91%).

Insgesamt wurden 40-mal (3,50 %) Blutkonserven transfundiert (PLIF: n = 20 = 2,84% / TLIF: n = 20 = 4,54 %; p = 0.1387, kein statistisch signifikanter Unterschied).

Die 30-Tages-Wiederaufnahmerate betrug insgesamt 2,88 % (n = 33) und war im TLIF-Kollektiv signifikant höher als im PLIF-Kollektiv (PLIF: n = 12 = 1,70 % / TLIF: n = 21 = 4,77 %; p = 0.003419).

	PLIF	TLIF
Anzahl	702 Patienten	440 Patienten
Geschlecht	58% weiblich (405), 42% männlich (297)	56% weiblich (247), 44% männlich (193)
Eingriff	74% primär (520), 26% Revision (182)	51% primär (225), 49% Revision (215)
Verweildauer (MW ± SD)	9,2 ± 3,4, Median 8, 5-52 Tage	9,4 ± 4,8, Median 8, 4-68 Tage
Schnitt-Naht-Zeit (min)	191 ± 64, Median 179, 85-434 Minuten	268 ± 84, Median 259, 90-538 Minuten
ASA-Klasse	ASA 1: 5,6% (39) ASA 2: 58,7% (412) ASA 3: 35,2% (247) ASA 4: 0,6% (4)	ASA 1: 8,6% (38) ASA 2: 61,1% (269) ASA 3: 21,6% (95) ASA 4: 0,5% (2) k.A.: 8,2% (36)
Alter	<40: 3% (18) 40-49: 5% (32) 50-59: 15% (103) 60-69: 24% (167) 70-79: 47% (329) ≥80: 8% (53)	<40: 7% (29) 40-49: 14% (62) 50-59: 17% (74) 60-69: 24% (106) 70-79: 31% (138) ≥80: 7% (31)

Abbildung 8: Datengrundlage/Übersicht des Gesamtkollektivs der Studienpopulation

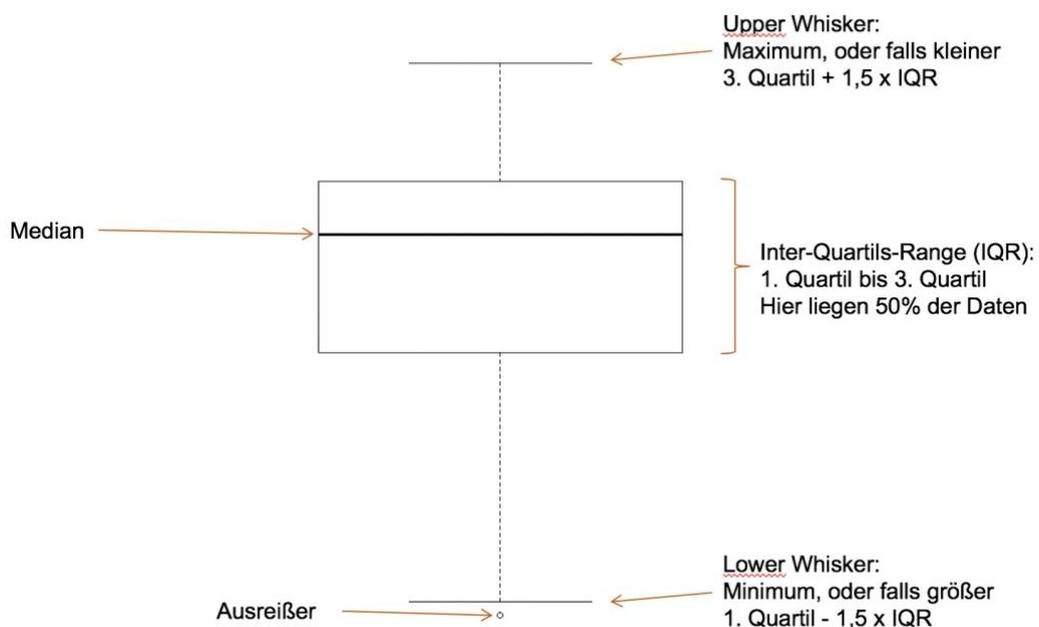


Abbildung 9: Erklärung Boxplot

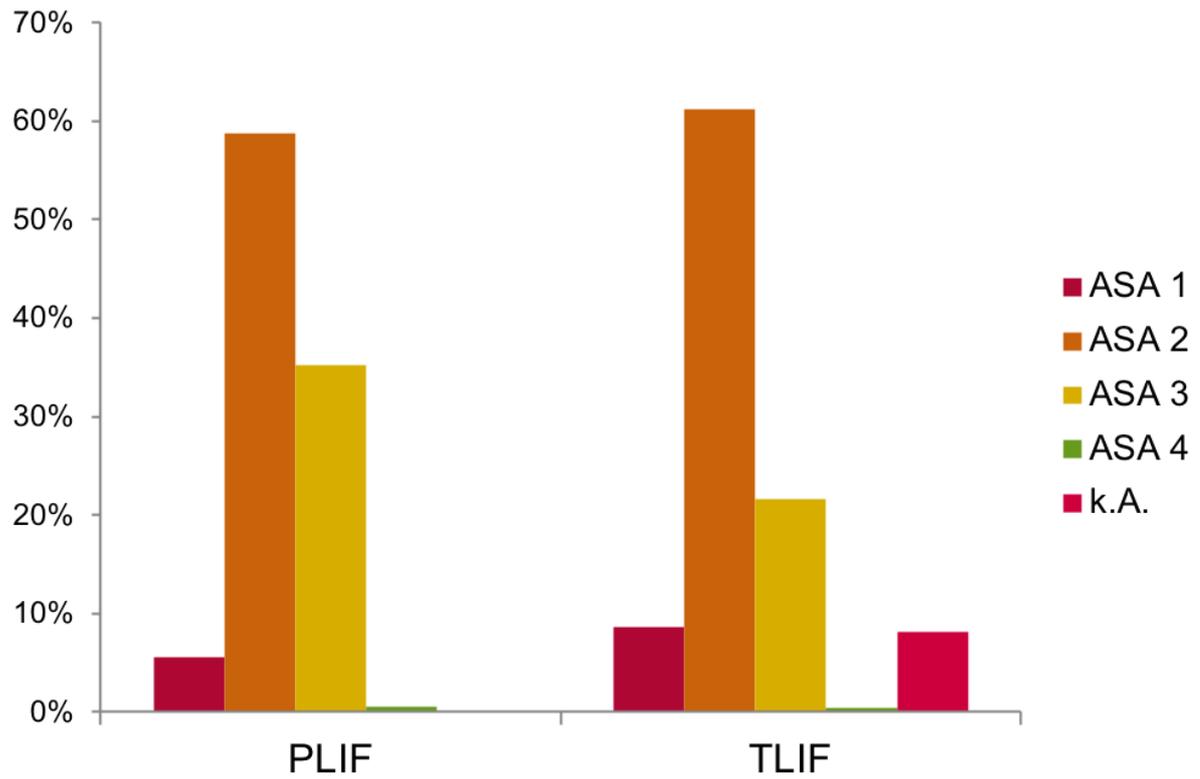


Abbildung 10: ASA-Verteilung des Gesamtkollektivs

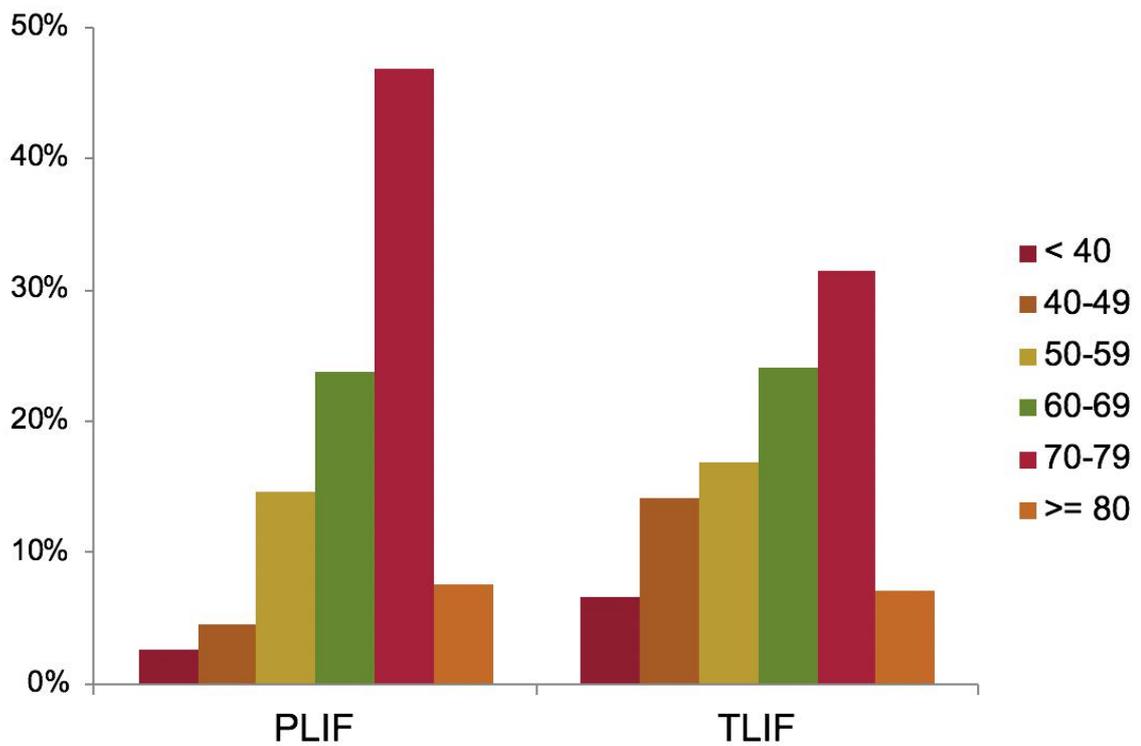


Abbildung 11: Altersverteilung des Gesamtkollektivs

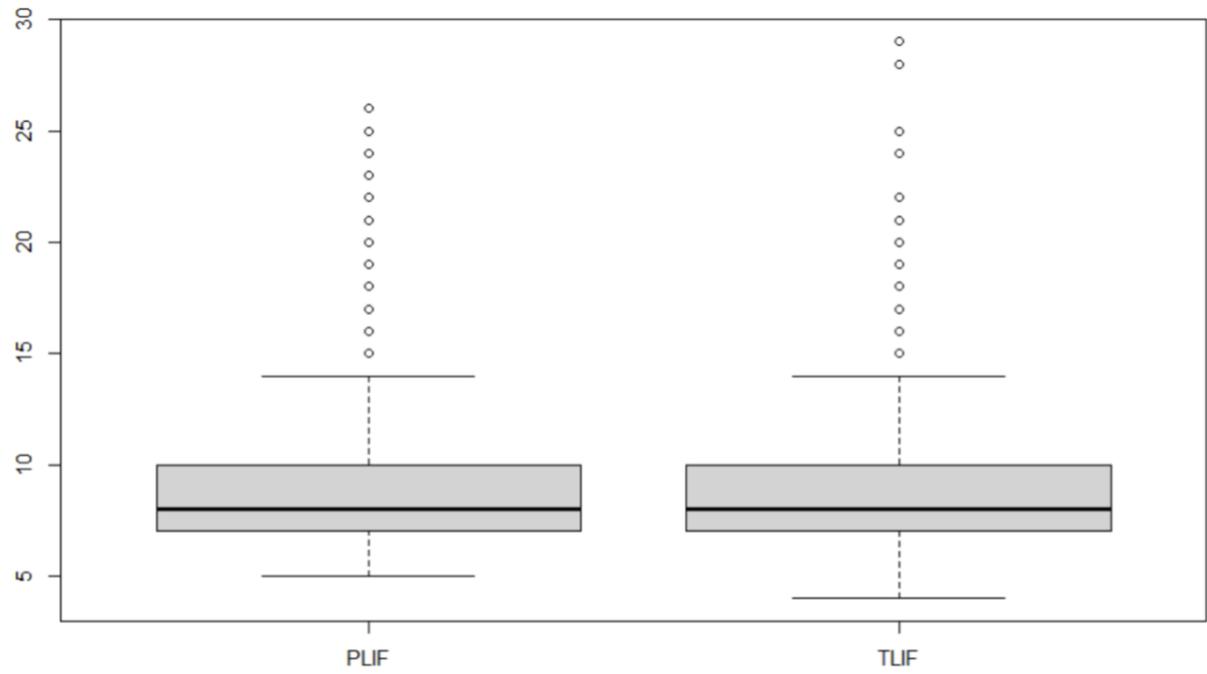


Abbildung 12: Verweildauer Gesamtkollektiv in Tagen

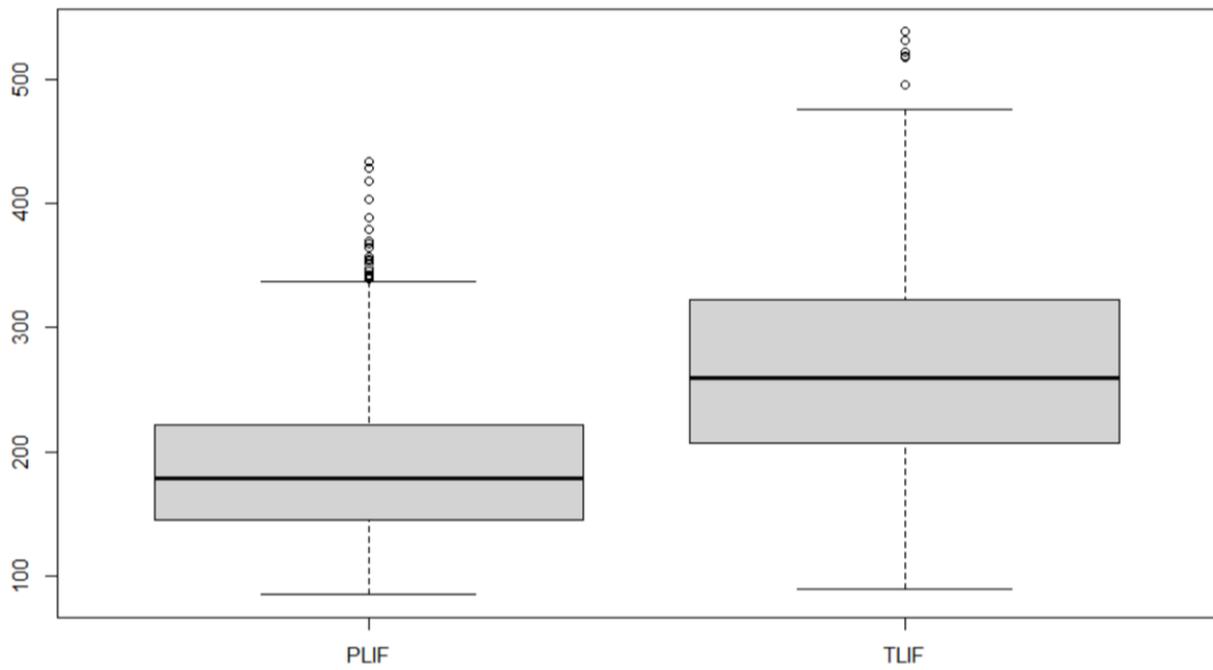


Abbildung 13: Schnitt-Naht-Zeit Gesamtkollektiv in Minuten

### 3.2 Datengrundlage monosegmental fusionierter Patienten bei deg. Spondylolisthese

298 Patienten wurden aufgrund einer degenerativen Spondylolisthese in PLIF- oder TLIF- Technik monosegmental fusioniert. Ein vollständiges Follow-up von mind. 12 Monaten wurde dokumentiert. Das Altersspektrum zum Zeitpunkt der Operation reichte von 43 bis 89 Jahren (Median 71,5; Mittelwert 69) [PLIF: n = 221, 43 - 85 Jahre, Median 72, Mittelwert 69 / TLIF: n = 77, 49 – 89 Jahre, Median 68,5; Mittelwert 68). PLIF-Patienten waren tendentiell etwas älter, die Streuung bei den TLIF-Patienten war höher.

Die Geschlechtsverteilung in beiden Kollektiven (PLIF: n = 221/ TLIF: n = 77) war ähnlich, Frauen wurden jeweils häufiger operiert als Männer.

In der PLIF-Kohorte wurden häufiger Primäreingriffe durchgeführt: PLIF = 90 % primär (n = 198), 10 % Revision (n = 23) vs. TLIF = 70 % primär (n = 54), 30 % Revision (n = 23).

Der ASA-Score reichte in beiden Studienkollektiven von 1 - 3 und war ähnlich verteilt. Für das gesamte Studienkollektiv (n = 298) lag er durchschnittlich bei 2,27 (PLIF 2,26 / TLIF 2,33). 9% (n = 7) vom TLIF-Kollektiv hatten keine ASA-Score-Angabe. In beiden Kohorten fanden sich am häufigsten Patienten mit einem ASA 2 – Score (PLIF: n = 144 = 65 % / TLIF: n = 51 = 71%), wobei die Patienten der TLIF- Kohorte etwas weniger schwer krank waren (mehr ASA 1 und 2, dafür weniger ASA 3).

Patienten, die mit dem PLIF-Verfahren operiert wurden, wurden im Schnitt einen Tag früher entlassen als Patienten, die mit dem TLIF-Verfahren versorgt wurden (PLIF = Verweildauer  $8,5 \pm 2,4$ , Median 9, Range 5 - 26 Tage / TLIF = Verweildauer  $9,1 \pm 3,9$ , Median 8, Range 5 - 28 Tage). Diese Differenz war statistisch allerdings nicht signifikant ( $t = -1.2688767$ ,  $p = 0.20752878$ ).

Die Schnitt-Naht-Zeit war bei Patienten, die in PLIF-Technik operiert wurden, deutlich und statistisch signifikant kürzer als bei Patienten, die in TLIF-Technik operiert wurden (PLIF: n =  $165 \pm 49$ , Median 156, 90 – 368 Minuten / TLIF: n =  $229 \pm 58$ , Median 230, 90 – 413 Minuten;  $t = -8.665076$ ,  $p = 3.113393 \cdot 10^{-14}$  (also fast 0)).

	PLIF	TLIF
Anzahl	221 Patienten	77 Patienten
Geschlecht	63% weiblich (139), 37% männlich (82)	68% weiblich (52), 32% männlich (25)
Eingriff	90% primär (198), 10% Revision (23)	70% primär (54), 30% Revision (23)
Verweildauer (MW ± SD)	8,5 ± 2,4, Median 9, 5-26 Tage	9,1 ± 3,9, Median 8, 5 – 28 Tage
Schnitt-Naht-Zeit (min)	165 ± 49, Median 156, 90-368 Minuten	229 ± 58, Median 230, 90-413 Minuten
ASA-Klasse	ASA 1: 3% (6) ASA 2: 65% (144) ASA 3: 32% (71)	ASA 1: 7% (5) ASA 2: 71% (51) ASA 3: 22% (16)
ODI (Aufn)	40 ± 15, Median 40, Range 0-76	44 ± 18, Median 42, Range 6-89
EQ5D (Aufn)	0,41 ± 0,31, Median 0,52, Range -0,32 - 1 (n=208)	0,41 ± 0,34, Median 0,52, Range -0,48 - 0,88 (n=67)
VAS Rücken	55 ± 26, Median 60, Range 0-100 (n=202)	57 ± 26, Median 65, Range 0-94 (n=71)
VAS Bein	58 ± 25, Median 63, Range 0-100 (n=209)	59 ± 26, Median 63, Range 0-100 (n=70)

Abbildung 14: Übersicht der Datengrundlage/Ausgangssituation aller monosegmental fusionierter Patienten mit degenerativer Spondylolisthese

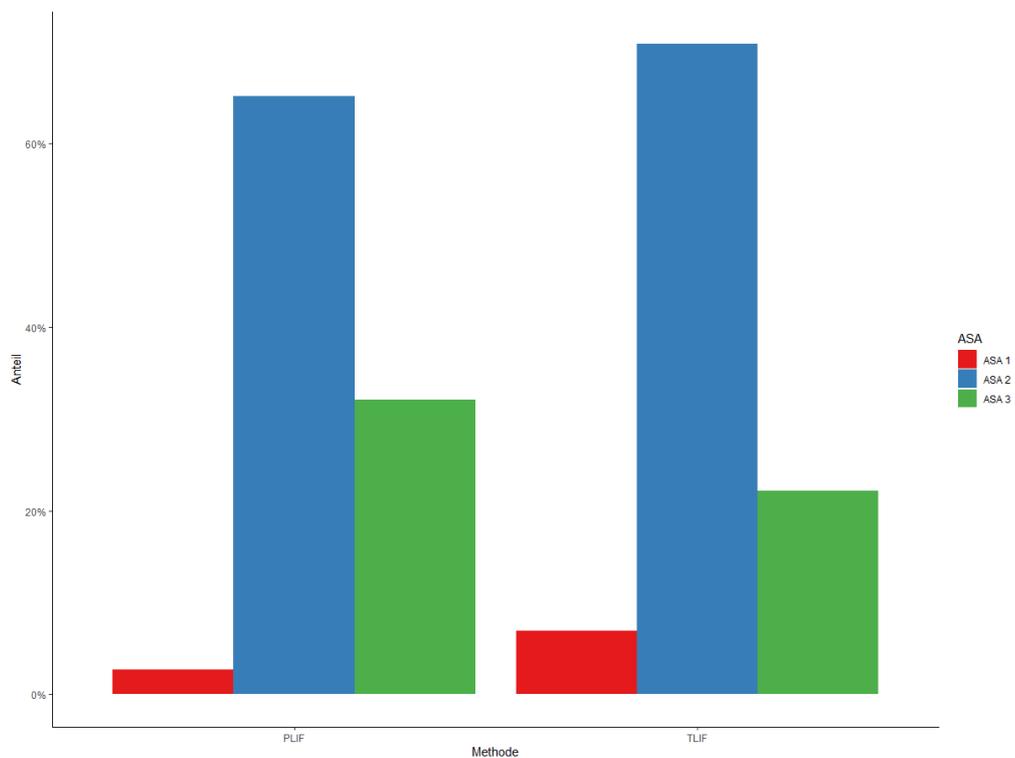
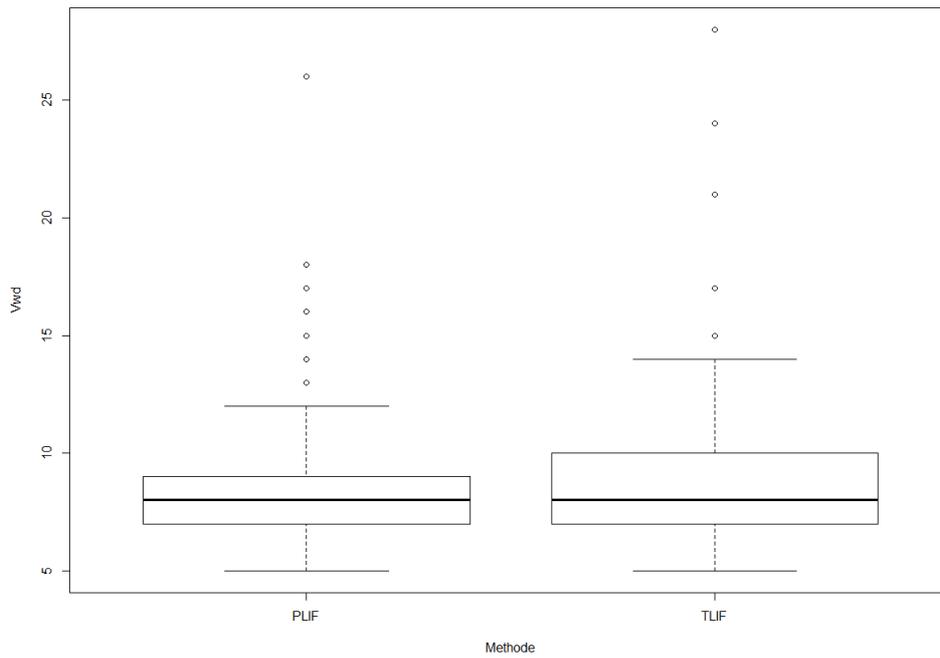
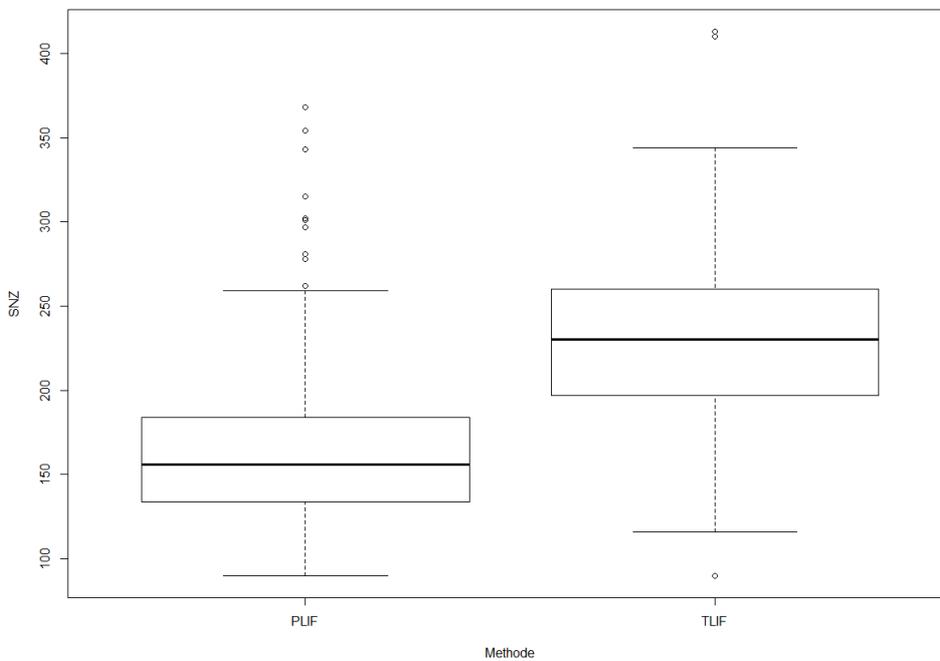


Abbildung 15: ASA-Verteilung aller monosegmental fusionierter PLIF- und TLIF-Patienten mit degenerativer Spondylolisthese



**Abbildung 16:** Verweildauer aller monosegmental fusionierter PLIF- und TLIF-Patienten mit degenerativer Spondylolisthese in Tagen



**Abbildung 17:** Schnitt-Naht-Zeit aller monosegmental fusionierter PLIF- und TLIF-Patienten mit degenerativer Spondylolisthese in Minuten

### 3.3 Outcome-Daten

Präoperativ hatten beide monosegmental fusionierten Patientenkollektive ähnliche Aufnahmewerte hinsichtlich ODI, EQ5D, VAS Rücken und VAS Bein. Postoperativ zeigte sich bei der TLIF- Kohorte eine etwas bessere Entwicklung in Bezug auf die Outcome- Daten (ODI, EQ5D, VAS- Rücken, VAS- Bein), wobei die Abweichungen statistisch nicht signifikant waren (ODI: t-Test  $p = 0,16$ ; EQ5D: t-Test  $p = 0,12$ ; VAS Rücken und VAS Bein: t-Test  $p = 0,19$ ). Im Folgenden sind die ODI-, EQ5D-, VAS Rücken- und VAS Bein-Scores sowohl numerisch als auch grafisch detailliert dargestellt:

PLIF	n	Mean $\pm$ SD	Median	Range
Aufnahme	221	40,4 $\pm$ 15,3	40	0 – 76
FU03	166	20,0 $\pm$ 16,4	20	0 – 62
FU12	174	20,7 $\pm$ 19,2	17	0 – 84
FU24	138	22,2 $\pm$ 20,1	18	0 – 70
FU telefonisch	92	19,5 $\pm$ 17,8	16	0 - 62

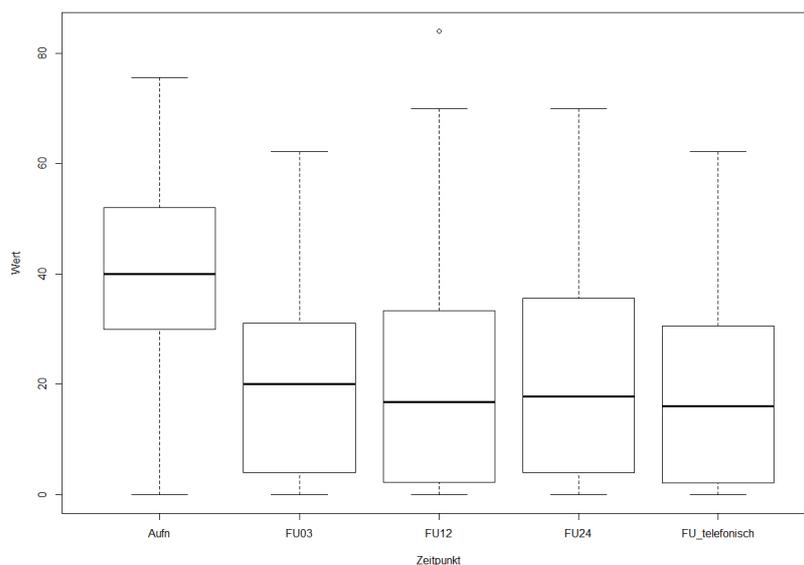


Abbildung 18: Übersicht der ODI-Scores bei PLIF-Patienten

TLIF	n	Mean ± SD	Median	Range
Aufnahme	77	44,4 ± 18,0	42	6 – 89
FU03	62	19,8 ± 16,5	18	0 – 71
FU12	60	16,9 ± 15,6	12	0 – 60
FU24	48	19,4 ± 15,9	18	0 – 58
FU telefonisch	29	17,3 ± 13,2	14	0 - 53

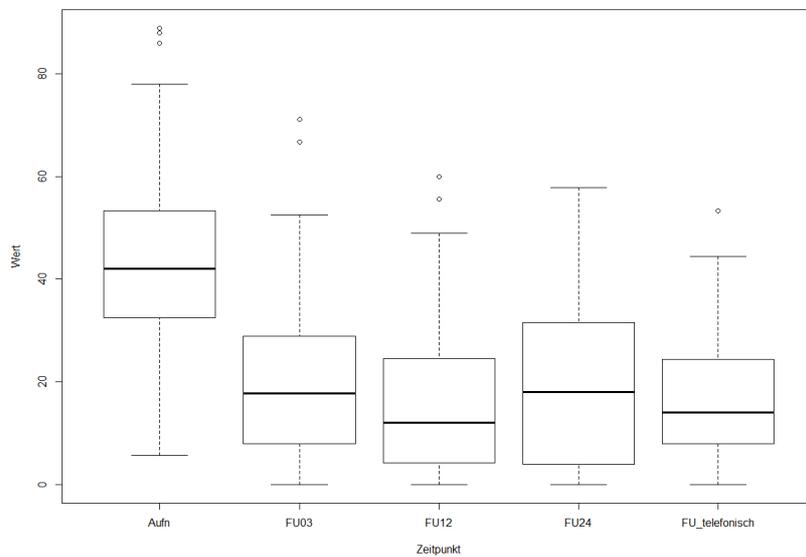


Abbildung 19: Übersicht der ODI-Scores bei TLIF-Patienten

PLIF	n	Mean ± SD	Median	Range
Aufnahme	208	0,41 ± 0,31	0,52	-0,32 – 1
FU03	158	0,76 ± 0,23	0,80	-0,07 – 1
FU12	161	0,73 ± 0,29	0,80	-0,35 – 1
FU24	131	0,75 ± 0,24	0,80	-0,02 – 1
FU telefonisch	92	0,72 ± 0,29	0,80	-0,15 – 1

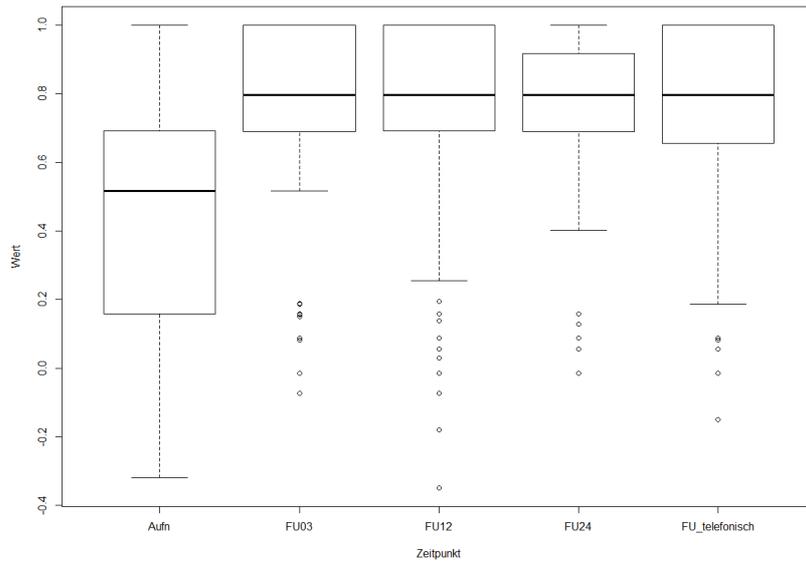


Abbildung 20: Übersicht der EQ5D-Scores bei PLIF-Patienten

TLIF	n	Mean ± SD	Median	Range
Aufnahme	67	0,41 ± 0,34	0,52	-0,48 – 0,88
FU03	56	0,79 ± 0,20	0,80	-0,18 – 1
FU12	55	0,80 ± 0,23	0,80	0,02 – 1
FU24	47	0,80 ± 0,22	0,80	-0,07 – 1
FU telefonisch	29	0,81 ± 0,18	0,80	0,19 – 1

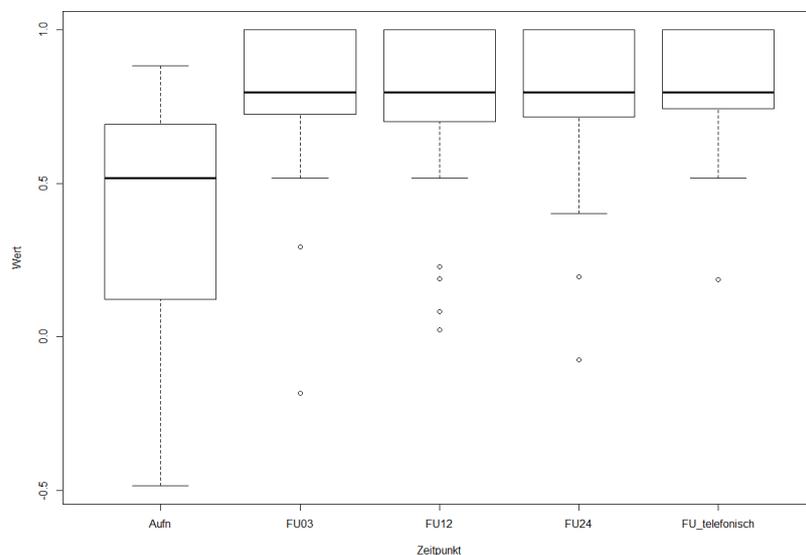


Abbildung 21: Übersicht der EQ5D-Scores bei TLIF-Patienten

PLIF	n	Mean ± SD	Median	Range
Aufnahme	202	55,3 ± 26,1	60	0 – 100
FU03	160	28,2 ± 25,4	19	0 – 96
FU12	167	31,0 ± 27,5	21	0 – 97
FU24	131	33,0 ± 27,3	25	0 – 97
FU telefonisch	92	28,2 ± 26,2	30	0 - 100

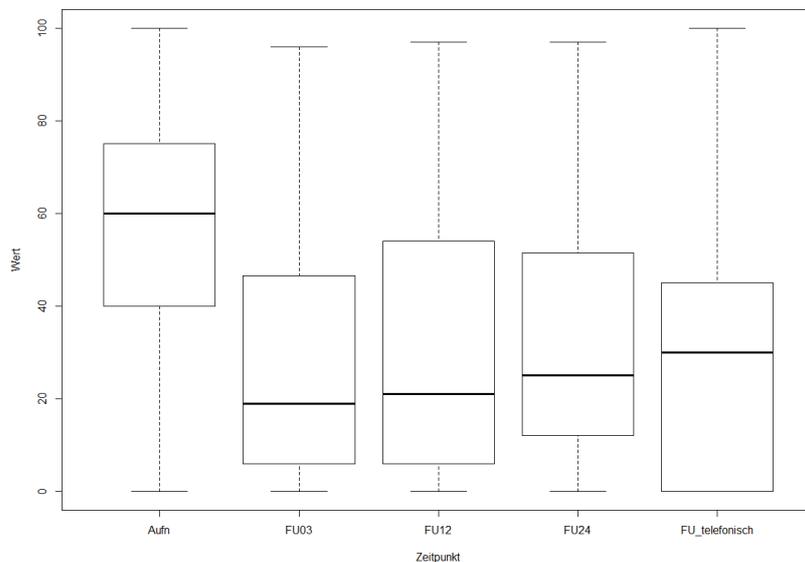


Abbildung 22: Übersicht der VAS Rücken-Scores bei PLIF-Patienten

TLIF	n	Mean ± SD	Median	Range
Aufnahme	71	56,7 ± 26,1	42	0 – 94
FU03	58	20,8 ± 19,0	18	1 – 73
FU12	55	16,2 ± 18,5	12	0 – 72
FU24	42	28,8 ± 27,0	18	0 – 86
FU telefonisch	29	21,9 ± 19,8	14	0 - 65

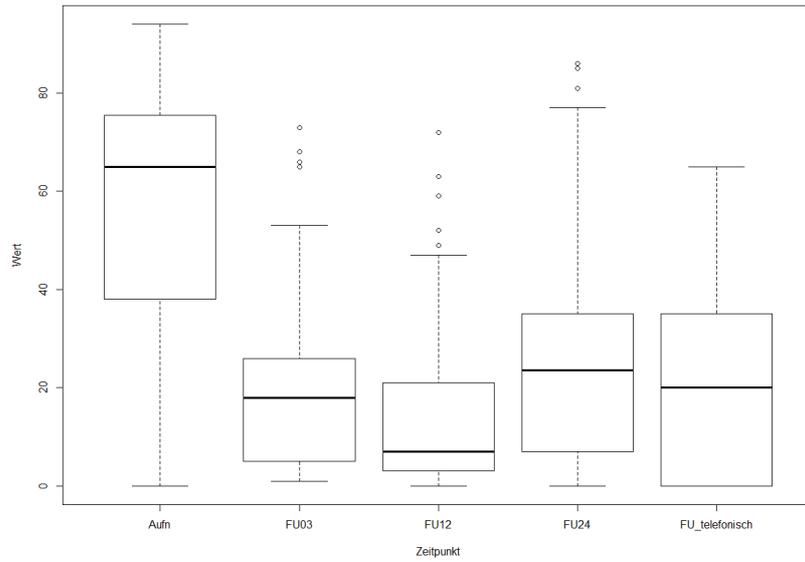


Abbildung 23: Übersicht der VAS Rücken-Scores bei TLIF-Patienten

PLIF	n	Mean ± SD	Median	Range
Aufnahme	209	57,6 ± 24,6	61	0 – 100
FU03	145	24,7 ± 26,7	13	0 – 99
FU12	154	27,8 ± 27,5	19	0 – 96
FU24	125	29,3 ± 28,2	20	0 – 99
FU telefonisch	92	19,7 ± 27,7	0	0 - 85

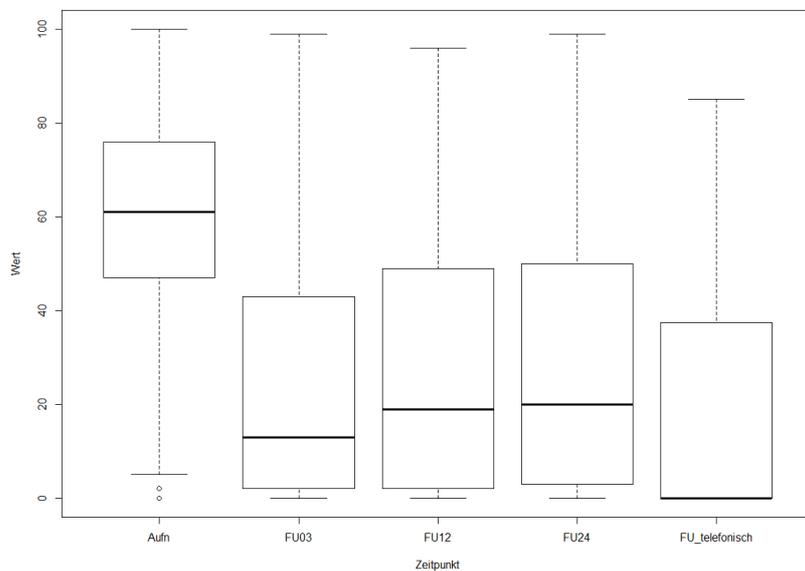


Abbildung 24: Übersicht der VAS Bein-Scores bei PLIF-Patienten

TLIF	n	Mean ± SD	Median	Range
Aufnahme	70	58,7 ± 25,8	63	0 – 100
FU03	51	21,8 ± 23,4	16	0 – 88
FU12	49	20,8 ± 23,5	10	0 – 82
FU24	43	27,4 ± 26,9	16	0 – 97
FU telefonisch	29	19,0 ± 26,9	0	0 - 85

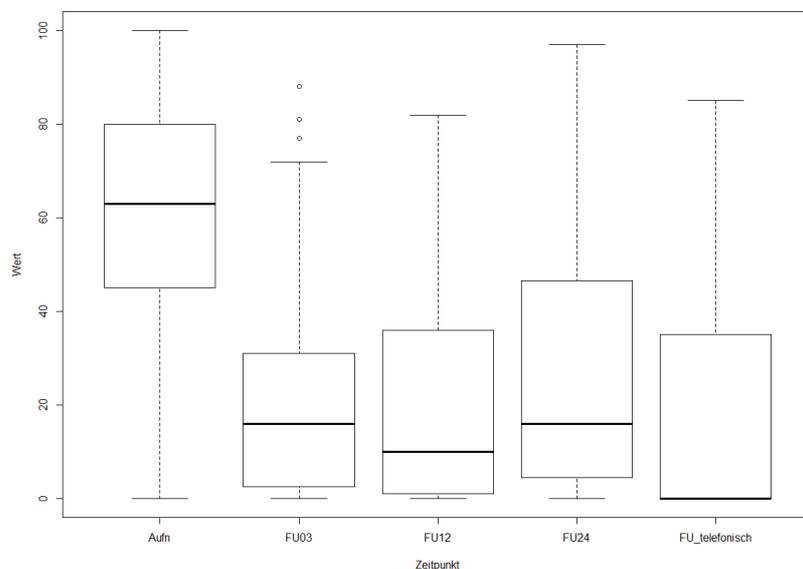


Abbildung 25: Übersicht der VAS Bein-Scores bei TLIF-Patienten

Die Zufriedenheit der Patienten mit der Operation wurde anhand von fünf Antwortmöglichkeiten mit entsprechender Kodierung (in Klammern angegeben) dokumentiert: „sehr zufrieden“ (1), „eher zufrieden“ (2), „eher unzufrieden“ (3), „sehr unzufrieden“ (4). Ein PLIF-Patient antwortete mit „das kann ich nicht sagen“ (8).

Bei der ersten Follow-up-Untersuchung nach 3 Monaten (FU03) zeigte sich eine ähnliche Verteilung beider Patientenkollektive in Bezug auf die Patientenzufriedenheit. Bei sehr zufriedenen Patienten (1) zeigte sich eine leichte Inklination zugunsten der TLIF-Patienten (1= PLIF 66,3 % vs. TLIF 73,3 %), bei eher zufriedenen Patienten (2) zugunsten der PLIF-Patienten (2= PLIF 27,7 % vs. TLIF 21,7 %).

Die Unterschiede zwischen PLIF- und TLIF- Patienten bei der Zufriedenheit mit der OP waren statistisch nicht signifikant (Fishers exakter Test bei Nullhypothese, dass beide aus gleicher

Verteilung kommen:  $p = 0,55$ ). Auch der Vergleich von sehr zufriedenen Patienten (1) vs. eher zufriedenen (2), eher unzufriedenen (3) und sehr unzufriedenen Patienten (4) war statistisch nicht signifikant ( $p = 0,22$ ).

Kodierung	PLIF	TLIF
1	110	44
2	46	13
3	8	2
4	1	1
8	1	0

Abbildung 26: Zufriedenheit mit OP - numerisch

Kodierung	PLIF	TLIF
1	66,3%	73,3%
2	27,7%	21,7%
3	4,8%	3,3%
4	0,6%	1,7%
8	0,6%	0,0%

Abbildung 27: Zufriedenheit mit OP – prozentual

### 3.4 Korrelationen

Insgesamt zeigten sich viele zu erwartende Korrelationen. Das Patientenalter korrelierte positiv mit ASA-Klasse und Verweildauer, d.h. je höher das Patientenalter, desto höher der ASA-Score und desto länger die Verweildauer. Ebenso zeigte sich eine positive Korrelation zwischen ASA-Score und Verweildauer, d.h. je höher der ASA-Score, desto länger die Verweildauer.

Die Anzahl der operierten Segmente korrelierte positiv mit der Schnitt-Naht-Zeit, d.h. je mehr Segmente operiert wurden, desto länger dauerte die Operation.

Die Komplikationen korrelierten positiv mit der Verweildauer, d.h. je mehr Komplikationen auftraten, desto länger wurde die Verweildauer. Die Stichprobe hatte bei PLIF mehr Primäreingriffe als Revisionen, wodurch die positive Korrelation zustande kam. Da die Schnitt-Naht-Zeit bei PLIF-Eingriffen deutlich kürzer war, bestand eine negative Korrelation zwischen Schnitt-Naht-Zeit und PLIF-Eingriffen.

Bei den Korrelationen der Primäreingriffe blieb der negative Zusammenhang zwischen Schnitt-Naht-Zeit und OP-Art (PLIF) bestehen.

Die OP-Technik (PLIF/TLIF) korrelierte bei Primäreingriffen nicht mit der Komplikationsrate. Bei Revisionseingriffen traten Komplikationen bei TLIF-Operationen häufiger auf, sodass eine negative Korrelation zwischen OP-Technik (PLIF) und Komplikationen bestand.

	Alter	Geschlecht	ASA	Vwd	Segmente	Eingriff	OP Art	SNZ	Komp
Alter		-0,03	0,32	0,29	0,08	-0,03	0,18	-0,10	0,10
Geschlecht = m	-0,03		-0,01	-0,09	0,03	-0,09	-0,02	0,10	0,03
ASA	0,32	-0,01		0,21	0,09	-0,11	0,13	0,00	0,07
Vwd	0,29	-0,09	0,21		0,16	-0,04	0,05	0,11	0,22
Segmente	0,08	0,03	0,09	0,16		0,04	0,13	0,38	0,05
Eingriff = Primär	-0,03	-0,09	-0,11	-0,04	0,04		0,23	-0,16	-0,07
OP Art = PLIF	0,18	-0,02	0,13	0,05	0,13	0,23		-0,46	-0,07
SNZ	-0,10	0,10	0,00	0,11	0,38	-0,16	-0,46		0,16
Komp	0,10	0,03	0,07	0,22	0,05	-0,07	-0,07	0,16	

Abbildung 28: Übersicht aller Korrelationen

	Alter	Geschlecht	ASA	Vwd	Segmente	Eingriff	OP Art	SNZ	Komp
Alter		-0,03	0,29	0,31	0,09		0,26	-0,16	0,06
Geschlecht = m	-0,03		-0,05	-0,12	0,03		0,00	0,09	0,01
ASA	0,29	-0,05		0,21	0,16		0,19	-0,04	0,00
Vwd	0,31	-0,12	0,21		0,17		0,09	0,05	0,14
Segmente	0,09	0,03	0,16	0,17			0,16	0,39	0,05
Eingriff									
OP Art = PLIF	0,26	0,00	0,19	0,09	0,16			-0,47	-0,01
SNZ	-0,16	0,09	-0,04	0,05	0,39		-0,47		0,11
Komp	0,06	0,01	0,00	0,14	0,05		-0,01	0,11	

Abbildung 29: Übersicht aller Korrelationen bei Primäreingriffen

	Alter	Geschlecht	ASA	Vwd	Segmente	Eingriff	OP Art	SNZ	Komp
Alter		-0,04	0,36	0,26	0,05		0,08	0,02	0,17
Geschlecht = m	-0,04		0,02	-0,05	0,03		0,02	0,08	0,04
ASA	0,36	0,02		0,20	-0,01		0,12	0,03	0,16
Vwd	0,26	-0,05	0,20		0,14		0,01	0,21	0,35
Segmente	0,05	0,03	-0,01	0,14			0,04	0,41	0,06
Eingriff									
OP Art = PLIF	0,08	0,02	0,12	0,01	0,04			-0,41	-0,11
SNZ	0,02	0,08	0,03	0,21	0,41		-0,41		0,21
Komp	0,17	0,04	0,16	0,35	0,06		-0,11	0,21	

Abbildung 30: Übersicht aller Korrelationen bei Revisionseingriffen

### 3.5 Komplikationen

Die Gesamtkomplikationsrate beider Studienkollektive betrug 13,74 % (n = 157), TLIF-Patienten hatten im Vergleich zu PLIF-Patienten eine statistisch signifikant höhere Komplikationsrate (PLIF: n = 84 = 11,9 % / TLIF: n = 73 = 16,6 %; Fishers exakter Test p = 0,0338). Bei Primäreingriffen war die Komplikationsrate beider OP-Techniken nahezu identisch (PLIF: n = 61 = 11,7 % / TLIF: n = 28 = 12,4 %). Die Komplikationsrate bei TLIF-Revisionen im Vergleich zu PLIF-Revisionen war besonders hoch (PLIF: n = 23 = 12,6 % / TLIF: n = 45 = 20,9 %) und statistisch signifikant (Fishers exakter Test p = 0.03252).

Die meisten Komplikationen im PLIF-Kollektiv traten intraoperativ auf (4,7 %), im TLIF-Kollektiv postoperativ im stationären Verlauf (7,5 %).

	PLIF	TLIF
Keine Komplikation	618 (88,1%)	367 (83,4%)
Komplikation	84 (11,9%)	73 (16,6%)

	PLIF	TLIF
Primär	11,7% (61/520)	12,4% (28/225)
Revision	12,6% (23/182)	20,9% (45/215)

	PLIF	TLIF
Intra-OP	4,7% (33/702)	5,9% (26/440)
Post-OP stationär	4,4% (31/702)	7,5% (33/440)
Post-OP poststationär	3,0% (21/702)	4,3% (19/440)

Abbildung 31: Komplikationsverteilung PLIF/TLIF

Intraoperativ waren in beiden Kollektiven Duraläsionen am häufigsten (n = 56= 4,9 %; PLIF: n = 31= 4,41 % / TLIF: n = 25 = 5,68 %). Bei Primäroperationen war die Rate an Duraläsionen bei beiden Kollektiven vergleichbar (PLIF: n = 24 = 4,61 % / TLIF: n = 10 = 4,44 %, Fishers exakter Test p = 1), Bei Revisionsoperationen waren Duraläsionen bei TLIF-Patienten häufiger als bei PLIF-Patienten (PLIF: n = 7 = 3,84 % / TLIF: n = 15 = 6,97 %), die Differenz war statistisch jedoch nicht signifikant (Fishers exakter Test p = 0.19).

Stationär waren im PLIF-Kollektiv am häufigsten Wundheilungsstörungen und Niereninsuffizienzen (n = 4 = 0,56 %), im TLIF-Kollektiv Harnwegsinfekte (n = 8 = 1,81 %). Poststationär waren im PLIF-Kollektiv (n = 12 = 1,70 %) und im TLIF-Kollektiv (n = 9 = 2,04 %) Implantatdislokationen am häufigsten. Tiefe Wundinfektionen traten ähnlich häufig auf (PLIF n= 3= 0,42% / TLIF n= 6= 1,36%).

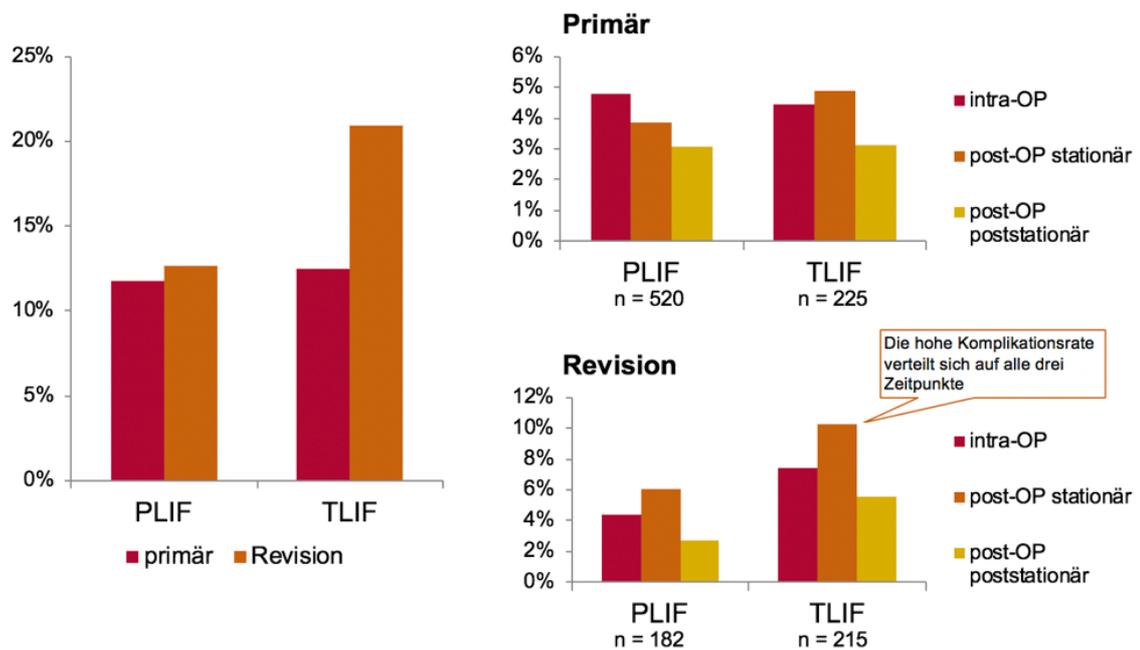


Abbildung 32: Komplikationsverteilung PLIF/TLIF

Zeitpunkt	PLIF Primär	PLIF Revision
Intra-OP	24x Duraläsion 1x Harnröhrenverletzung	7x Duraläsion 1x Herzinsuffizienz
Post-OP stationär	4x Wundheilungsstörung 4x Niereninsuffizienz 2x tiefe Wundinfektion 2x neurologisches Defizit 2x epidurales Hämatom 1x Hämatom 1x Leberinsuffizienz 1x Implantatdislokation 1x Herzinsuffizienz 1x Harnwegsinfekt 1x Ateminsuffizienz	1x Apoplex 1x Cholezystolithiasis 1x Delir 1x Epidurales Hämatom 1x Hämatom 1x Harnwegsinfekt 1x Implantatfehlage 1x Implantatlockerung 1x Leberinsuffizienz 1x Liquirfistel 1x tiefe Wundinfektion
Post-OP post-stationär	9x Implantatdislokation 5x tiefe Wundinfektion 1x Wundheilungsstörung 1x Hämatom	3x Implantatdislokation 1x tiefe Wundinfektion 1x Wundheilungsstörung

Abbildung 33: PLIF - Art der Komplikation

Zeitpunkt	TLIF Primär	TLIF Revision
Intra-OP	10x <u>Duraläsion</u>	15x <u>Duraläsion</u> 1x <u>Implantatfehlage</u>
Post-OP stationär	4x Harnwegsinfekt 2x Wundheilungsstörung 1x <u>Durafistel</u> 1x <u>Implantatfehlage</u> 1x Lagerungsschaden 1x Pneumonie 1x tiefe Wundinfektion	4x Harnwegsinfekt 4x tiefe Wundinfektion 3x Delir 2x <u>epidurales Hämatom</u> 1x Anämie 1x <u>Durafistel</u> 1x Herzinsuffizienz 1x Ileus 1x <u>Implantatdislokation</u> 1x <u>Implantatfehlage</u> 1x neurologische Schädigung 1x Niereninsuffizienz 1x Wundheilungsstörung
Post-OP post-stationär	3x <u>Implantatdislokation</u> 2x tiefe Wundinfektion 1x <u>Durafistel</u> 1x <u>epidurales Hämatom</u>	6x <u>Implantatdislokation</u> 4x tiefe Wundinfektion 1x instabile LWK1-Fraktur 1x Wundheilungsstörung

Abbildung 34: TLIF - Art der Komplikation

Die Komplikationen wurden in OP-spezifische und allgemeine Komplikationen unterteilt. Bei den OP-spezifischen Komplikationen unterschieden sich PLIF und TLIF nicht.

Bei der Schwere der Komplikation, nach dem SAVES V2-Schweregrad gewichtet, gab es keine signifikanten Unterschiede zwischen PLIF und TLIF. Bei Revisionen hatten sowohl PLIF- als auch TLIF- Patienten einen größeren Anteil an SAVES 3 statt SAVES 2-Schweregraden.

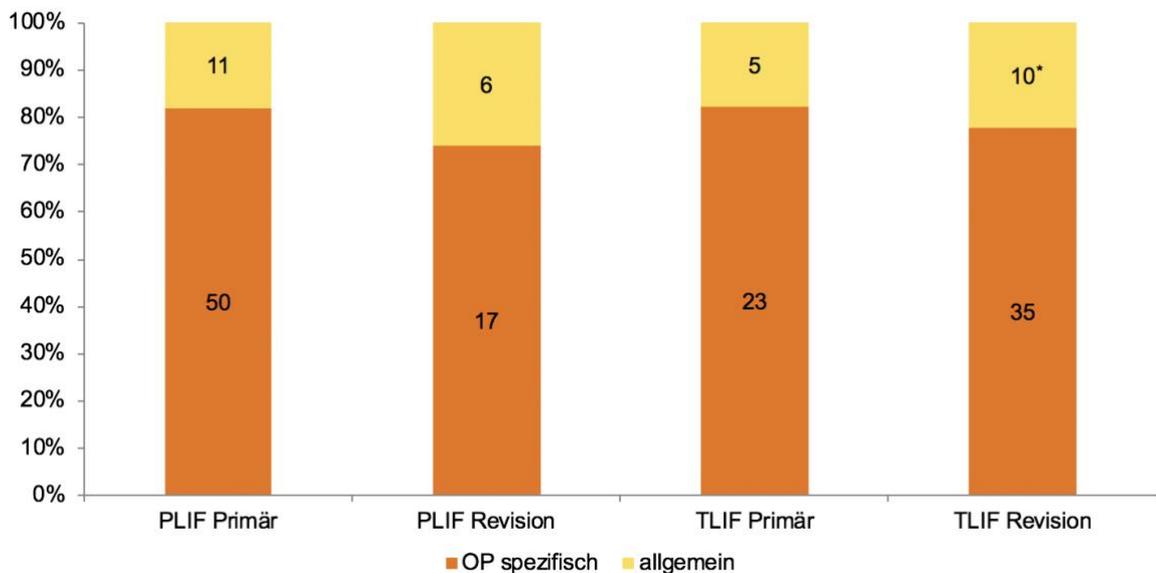


Abbildung 35: Zusammenhang der Komplikation mit der OP

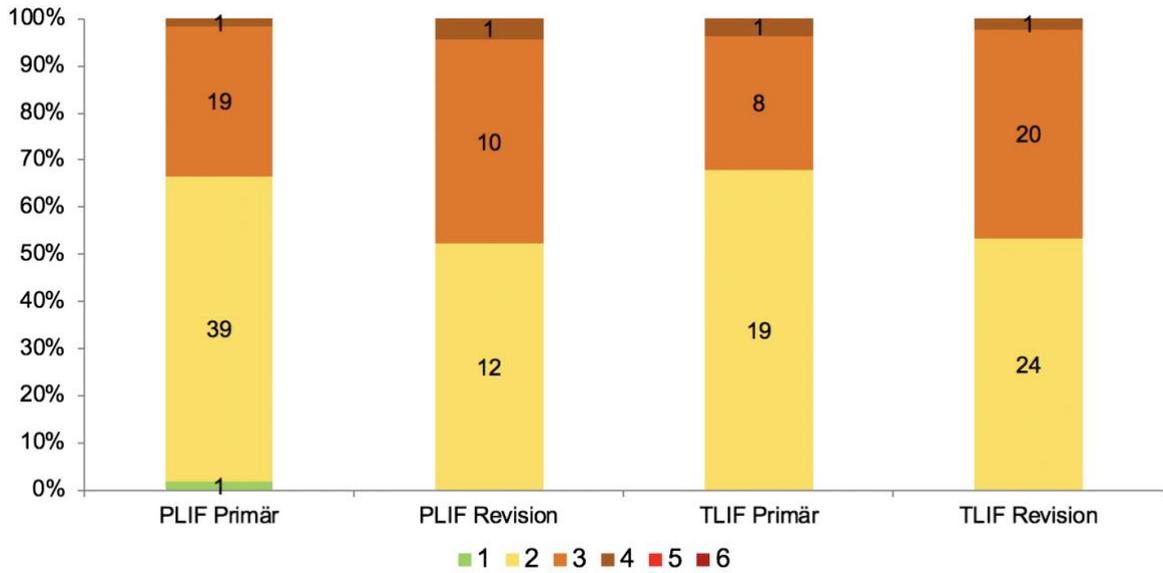
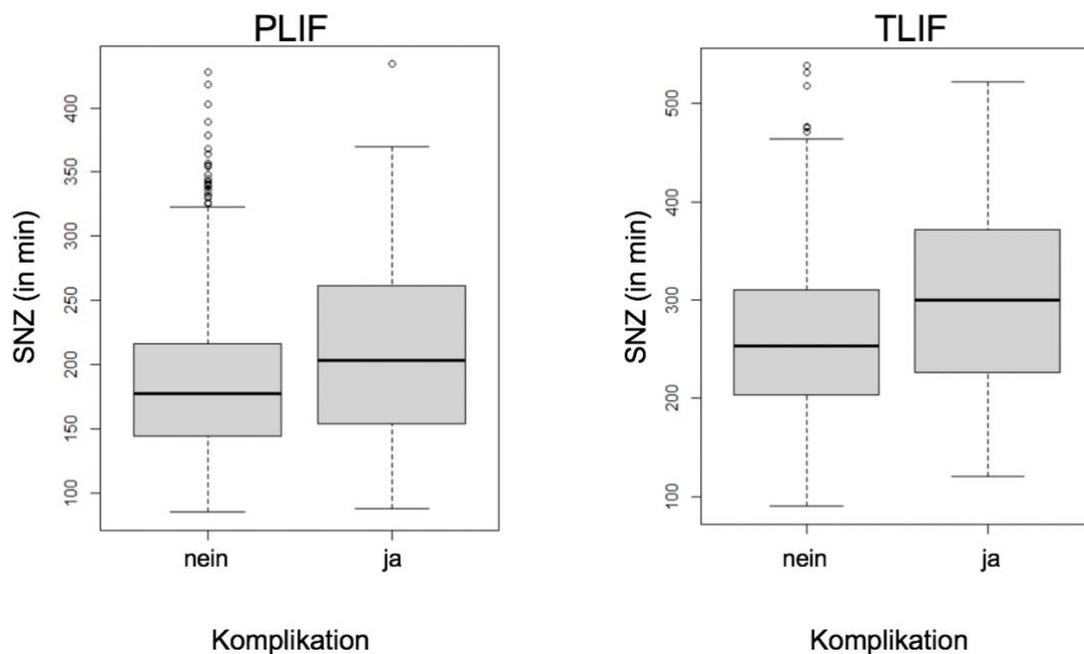


Abbildung 36: Schwere der Komplikation (SAVES)

Die Komplikationen und Dauer der Schnitt-Naht-Zeit korrelierten: Traten intraoperativ Komplikationen auf, verlängerte sich die Schnitt-Naht-Zeit. Auch zwischen der Schnitt-Naht-Zeit und den postoperativen Komplikationen ließ sich ein Zusammenhang nachweisen. Je länger die Schnitt-Naht-Zeit, desto häufiger traten intra- oder postoperative Komplikationen auf.



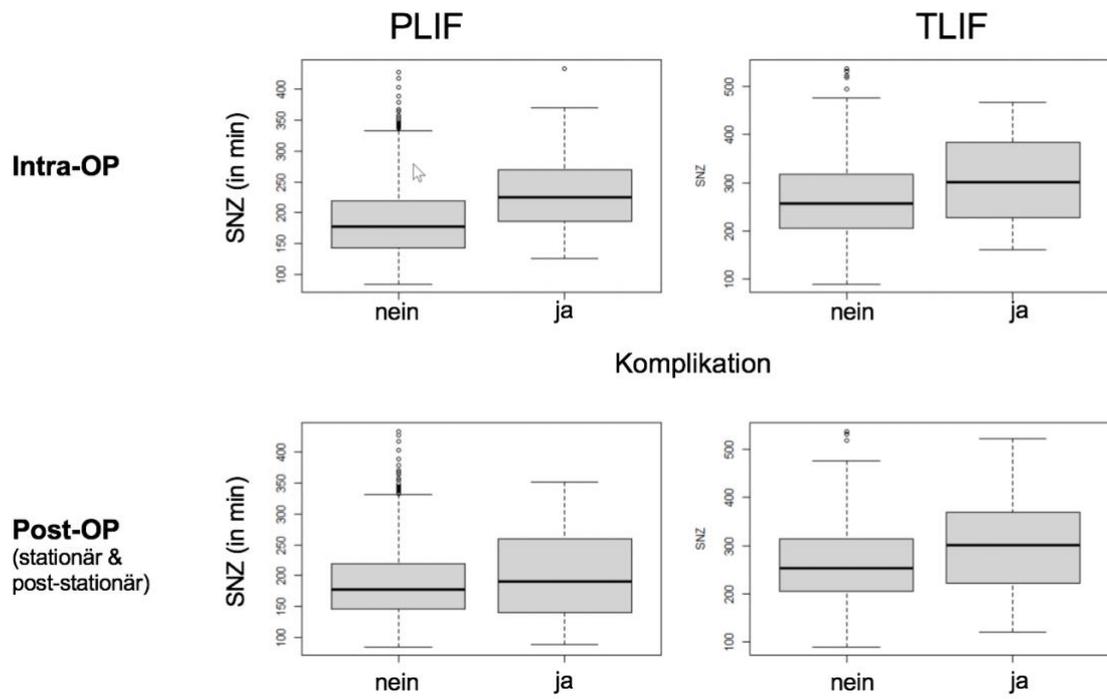


Abbildung 37: Zusammenhang von Komplikationen und Länge der Schnitt-Naht-Zeit

## **4. Diskussion**

Ziel dieser retrospektiven Registerstudie war der Vergleich zwischen den Operationstechniken PLIF und TLIF. Beide werden häufig zur Behandlung degenerativer Wirbelsäulenerkrankungen eingesetzt, in den letzten Jahren vermehrt durch den demographischen Wandel, die Verbesserung der OP-Implantate und Erweiterung des Indikationsspektrums. Insgesamt liegen aus dieser Untersuchung Daten für 1142 Probanden vor, im Alter von 15 bis 89 Jahren (PLIF; Median = 71) und 11 bis 90 Jahren (TLIF; Median = 66). Neben der Erhebung demographischer Grunddaten und perioperativer Parameter wurden erstmals die Komplikationen nach einem einheitlichen Klassifikationssystem erfasst und ausgewertet. Zusätzlich wurde das klinische Outcome bei monosegmental fusionierten Patienten mit degenerativer Spondylolisthese anhand patientenbezogener Outcome-Daten (PROMS) beurteilt: VAS Rücken, VAS Bein, EQ-5D und ODI (Oswestry Disability Index). Anstelle der konventionellen PLIF-Technik wurde eine weniger invasive PLIF-Technik (mini open) mit der konventionellen TLIF-Technik verglichen. Die oftmals in der Literatur beschriebene erhöhte Komplikationsrate beim konventionellen PLIF im Vergleich zum konventionellen TLIF bestätigte sich bei der weniger invasiven PLIF-Technik nicht. Gemäß der Literatur zeigten sich bei vergleichbaren präoperativen Ausgangswerten (ODI, EQ5D, VAS Rücken, VAS Bein) postoperativ keine statistisch signifikanten Unterschiede sowohl in Bezug auf die Outcome-Daten als auch die Patientenzufriedenheit mit der OP.

### **4.1 Diskussion der Methoden**

Zur Komplikationserfassung und -analyse wurde das SAVES V2-System verwendet, dessen Validität und Reliabilität bereits nachgewiesen wurde (Rampersaud et al., 2016, Rampersaud et al., 2010a). Dieses umfasst die häufigsten Komplikationen bei wirbelsäulenchirurgischen Eingriffen. Durch die klare Komplikationsdefinition werden in vorhergehenden Studien verwendete Begriffe (Park, 2005, Mehta et al., 2011, Mura et al., 2011) wie „major“/„minor“ „early“/„late“–„complications“ vermieden, die viel Interpretationsspielraum bieten und der subjektiven Deutung des Behandlers unterliegen. Durch die unterschiedlichen Komplikations-Schweregrade, die sich nach den klinischen Auswirkungen richten, kann die Komplikationsschwere präziser eingeordnet werden. Meiner

Meinung nach konnten die Komplikationen mithilfe des SAVES V2-Systems detailliert erfasst und analysiert werden. Kritisch anzumerken ist, dass in dieser Studie die Komplikationen retrospektiv erhoben wurden. Um das Bias-Risiko zu reduzieren, sollten die Komplikationen direkt intraoperativ, stationär bzw. poststationär im Rahmen der ambulanten Nachkontrollen erfasst werden.

Zur Beurteilung des klinischen Resultats wurden in dieser Studie Patientenbezogene Outcome-Daten, sog. PROMs, verwendet. Diese ermöglichen, das subjektive Empfinden der Patienten in Bezug auf ihren Gesundheitszustand postoperativ zu messen. Durch die Patientenbeurteilung kann der Behandler den Nutzen eines Eingriffes nachvollziehen, potentiell sinnlose Operationen können vermieden werden. Die regelhafte Nachbefragung der Patienten (nach 3, 12 und 24 Monaten) sorgte für eine Qualitätssicherung und Outcome-Vergleichbarkeit der untersuchten OP-Techniken. Die Mindestanforderung eines bestehenden 12 Monats-FU sorgte für eine ausreichend lange Nachbeobachtungszeit. Die Reliabilität und Validität der verwendeten Fragebögen zur Outcome-Messung (VAS Rücken/Bein, EQ5D, ODI) wurde in verschiedenen Arbeiten nachgewiesen (Bijur et al., 2001, Carlsson, 1983, Garratt et al., 2021, Cook et al., 2021). Das klinische Outcome konnte mithilfe der verwendeten Fragebögen objektiviert werden, die Frage nach dem klinischen Ergebnis wird meines Erachtens zufriedenstellend und zuverlässig beantwortet. Das simple Fragen-Layout könnte eine erhöhte Teilnahmerate der Patienten im Rahmen der postoperativen Nachsorge begünstigen. Unklar ist meiner Meinung nach, ob die Patienten bei telefonischer Nachbefragung anders antworten als bei schriftlicher Nachbefragung, da Unklarheiten bei den Fragen telefonisch geklärt werden können. Diesbezüglich bräuchte es weitere Vergleiche zur Erhebungsmethodik und entsprechender Resultate. In dieser Studie gab es keine deutlichen Unterschiede zwischen telefonischer und schriftlicher Nachbefragung. Für die Beurteilung des langfristigen OP-Resultats müsste der Nachbeobachtungszeitraum über mehr als zwei Jahre ausgeweitet werden. In dieser Studie erfolgte die Nachbefragung der Patienten postalisch, telefonisch und im Rahmen der klinischen Verlaufskontrollen. Für möglichst unverfälschte Outcome-Parameter sollten diese unmittelbar im Rahmen der klinischen Verlaufskontrollen erhoben werden.

## 4.2 Einordnung der Ergebnisse in die aktuelle Literatur

Der Altersdurchschnitt des gesamten Studienkollektivs (n= 1142) zum OP-Zeitpunkt betrug 66 Jahre und bei monosegmental fusionierten Patienten 69 Jahre (n= 298). In beiden Kollektiven waren PLIF-Patienten im Schnitt etwas älter als TLIF-Patienten. Der Altersdurchschnitt lag deutlich über dem aus de Kunder et al. Studie (52,5 Jahre (de Kunder et al., 2017)) und Oezel et al. Arbeit (59,9 Jahre (Oezel et al., 2022)).

Die Geschlechtsverteilung beider Kohorten war vergleichbar, Frauen wurden wie in einigen vorhergehenden Studien (Park, 2005, Mehta et al., 2011, Audat et al., 2012, Liu et al., 2016) häufiger operiert als Männer. Bei nach degenerativer Spondylolisthese monosegmental fusionierten Patienten war die Inklination zugunsten weiblicher Patienten noch ausgeprägter.

Im PLIF-Kollektiv wurden mehr Primär- als Revisionsoperationen durchgeführt, im TLIF-Kollektiv war das Verhältnis ausgeglichen. Bei nach degenerativer Spondylolisthese monosegmental fusionierten Patienten wurden in beiden Kollektiven, insbes. im PLIF-Kollektiv, deutlich mehr Primär- als Revisionsoperationen durchgeführt. Interessanterweise ist in der Literatur keine explizite Angabe diesbezüglich zu finden. Lediglich Yang et al. gaben Revisionsoperationen als Ausschlusskriterium an (Yang et al., 2016).

Der ASA-Score, ein häufig verwendeter Parameter zur Abschätzung der Patientenmorbidity, war in beiden Kollektiven ähnlich verteilt. Im TLIF-Kollektiv war der ASA-Score etwas günstiger als im PLIF-Kollektiv. In den bisherigen Vergleichsarbeiten sind keine ASA-Scores dokumentiert. Oezel et al. (Oezel et al., 2022) hatten bei einer Stichprobe von PLIF- und TLIF-Patienten zwischen 2015-2019 von einer Zunahme der ASA-Scores von 3 oder >3 im Vergleich zu 2009-2013 berichtet. Die Stichprobe reflektiert den aktuellen Trend in Richtung zunehmend älterer und kränkerer Patienten.

Die durchschnittliche Verweildauer des Gesamtkollektivs betrug 9,29 Tage (Median 8) und war bei beiden Verfahren in etwa gleich. Monosegmental fusionierte Patienten bei degenerativer Spondylolisthese wurden nach PLIF-Eingriffen im Schnitt einen Tag früher entlassen als nach TLIF-Eingriffen, jedoch ohne statistische Signifikanz. Ursächlich könnte die geringere Komplikationsrate, kürzere Schnitt-Naht-Zeit, das geringere Weichteiltrauma und die vermehrten Primäreingriffe beim PLIF sein, zumal TLIF-Revisionen besonders komplikationsbehaftet waren. Weitere Faktoren für die verkürzte PLIF-Verweildauer sind möglicherweise der Verzicht auf Redon-Drainagen und die postoperative Frühmobilisation, wie beim monosegmentalen „mini open“ PLIF durchgeführt. Lan et al. (Lan et al., 2018) hatten in ihrer Übersichtsarbeit über eine kürzere Verweildauer von TLIF-

Patienten im Vergleich zu PLIF-Patienten berichtet, allerdings hatten nur drei eingeschlossene Studien die Verweildauer erhoben. Sakeb et al. (Sakeb, 2013) stellten diesbezüglich keinen Unterschied fest. Information über die Verweildauer ist in der Literatur schwer zu finden, da sie nur selten aufgeführt ist.

Anders als beim Großteil bisheriger Studien, bei denen die OP-Zeit beim PLIF oftmals länger war (Sakeb, 2013, Zhang et al., 2014, Liu et al., 2016, Yang et al., 2016, de Kunder, 2016), war die OP-Zeit beim PLIF in dieser Studie deutlich kürzer. Dies war auch bei monosegmental fusionierten Patienten nach degenerativer Spondylolisthese der Fall. Vermutlich ist dies darauf zurückzuführen, dass die PLIF-Operationen in Hamburg hauptsächlich von erfahrenen Operateuren durchgeführt wurden, TLIF-Operationen in München auch von jüngeren Operateuren mit weniger klinischer Erfahrung. Eine genaue Erfassung der klinischen Erfahrung der Operateure war nicht Bestandteil dieser Arbeit und sollte zukünftig dokumentiert werden. Chi et al. (Chi et al., 2020) bemängelten die zumeist fehlende Information über die klinische Erfahrung der Operateure.

Der mehrheitlich in der Literatur genannte geringere Blutverlust beim TLIF im Vergleich zum PLIF (de Kunder et al., 2017, Liu et al., 2016, Yang et al., 2016) bestätigte sich nicht. Beide Techniken hatten ähnliche Transfusionsraten. Ursächlich könnte die umfangreiche Verwendung des OP-Mikroskops und ein geringeres Weichteiltrauma bei der weniger invasiven PLIF-Technik sein. Der daraus resultierende geringere Blutverlust könnte den zugangsbedingt erhöhten Blutverlust beim bilateralen PLIF im Vergleich mit dem unilateralen TLIF kompensieren. Teng et al. (Teng et al., 2017) und Lan et al. (Lan et al., 2018) führten den bei der konventionellen PLIF-Technik erhöhten Blutverlust und die verlängerte OP-Zeit im Vergleich zur TLIF-Technik auf die ausgiebigere Präparation der paravertebralen Muskulatur und umfassendere knöcherne Resektion beim bilateralen PLIF-Zugang zurück.

Die klinischen Ergebnisse beider OP-Techniken waren vergleichbar und korrelierten mit der Literatur. Dies war zu erwarten, da beide Techniken eine gute Dekompression nervaler Strukturen und Stabilität erzielen. Bei präoperativ vergleichbaren Aufnahmewerten (ODI, EQ5D, VAS Rücken und VAS Bein) hatte die TLIF-Kohorte postoperativ etwas bessere Outcome-Daten, allerdings ohne statistische Signifikanz. Ursächlich könnte der unilaterale TLIF-Zugang sein. Über ähnliche Resultate berichteten de Kunder et al. (de Kunder et al., 2017) und Lan et al. (Lan et al., 2018). Die Autoren begründeten den beim TLIF etwas besseren ODI-Wert mit der geringeren paraspinalen Präparation im Rahmen des unilateralen Zuganges (de Kunder et al., 2017, Lan et al., 2018). Die kürzlich

veröffentlichte Registerstudie von Ohrt-Nissen et al. (Ohrt-Nissen et al., 2022) zeigte ebenfalls vergleichbare Outcome-Ergebnisse beider Techniken (ODI, EQ-5D, VAS Rücken und VAS Bein).

Die in der Literatur oftmals erhöhte Komplikationsrate beim konventionellen PLIF im Vergleich zum konventionellen TLIF bestätigte sich bei der weniger invasiven PLIF-Technik nicht. Diese ist komplikationsärmer als die konventionelle PLIF- und TLIF-Technik. TLIF-Patienten hatten im Vergleich zu PLIF-Patienten eine statistisch signifikant höhere Komplikationsrate, insbesondere bei Revisionen. Hauptsächlich bedingt wird dies durch die bei TLIF-Revisionen erhöhte Rate an Duraläsionen und o.g. Komplikationen. Ursächlich könnten die geringere Erfahrung der Operateure und der geringere Mikroskop-Einsatz sein. Bei Primäreingriffen hatten beide Techniken vergleichbare Komplikationsraten. In der Literatur sind keine klaren Angaben bzgl. Primär- oder Revisionsoperationen zu finden.

Laut Literatur besteht ein problematischer Aspekt der PLIF-Technik in der exzessiven Retraktion von Wurzel und Duralsack im Rahmen des Zuganges zum Bandscheibenfach (Humphreys et al., 2001, Sakeb, 2013, Mehta et al., 2011, Zhang et al., 2014, Park, 2005). Folglich steigt das Komplikationsrisiko, insbesondere nervaler Komplikationen wie Dura- oder Nervenverletzungen. Der Großteil der Literatur berichtet von einer deutlich höheren Komplikationsrate beim PLIF im Vergleich zum TLIF (Lan et al., 2018, Chi et al., 2020, de Kunder et al., 2017), insbesondere hinsichtlich Dura- und Nervenverletzungen. Die TLIF-Technik wurde entwickelt, um über einen unilateralen, transforaminalen Zugang zum Bandscheibenfach Nervenwurzel und Dura zu schonen (Mobbs et al., 2015, Harms, 1998).

De Kunder et al. veröffentlichten 2017 die erste systematische Übersichtsarbeit und Metaanalyse zum Thema TLIF und PLIF bei degenerativer Spondylolisthese (de Kunder et al., 2017). Bemerkenswert war, dass die Gesamtkomplikationsrate beim PLIF doppelt so hoch war wie beim TLIF (17% vs. 8,7%). Nervenwurzelverletzungen und Duraläsionen waren deutlich PLIF-assoziiert (PLIF n= 26, TLIF n= 6, respektive PLIF n= 33, TLIF n= 15). Dies deckt sich mit den Resultaten von Lan et al. (Lan et al., 2018) systematischer Übersichtsarbeit und Metaanalyse, die ebenfalls eine doppelt so hohe PLIF-Komplikationsrate im Vergleich zum TLIF (23,85 % vs. 11,33 %) zeigten, insbesondere nervaler Komplikationen wie Dura- und Nervenverletzungen.

Die in der Literatur oftmals mit PLIF-Eingriffen assoziierte erhöhte Rate an Duraläsionen (Sakeb, 2013, Liu et al., 2016) bestätigte sich in dieser Studie nicht. Beide Techniken hatten vergleichbare Raten an Duraläsionen bei Primäroperationen. Bei Revisionsoperationen waren Duraläsionen beim

TLIF häufiger, allerdings nicht signifikant. De Kunder et al. (de Kunder et al., 2017) (PLIF 6,1% vs. TLIF 3,33%), Lan et al. (Lan et al., 2018) (PLIF 8,98% vs. TLIF 3,42%) und Ohrt-Nissen et al. (Ohrt-Nissen et al., 2022) (PLIF 9,5% vs. TLIF 1,9%) berichteten über vermehrte Duraläsionen beim PLIF. In den meisten Studien wurde die Dekompression ohne OP-Mikroskop durchgeführt (Sakeb, 2013, Liu et al., 2016, Rezk et al., 2019, Yang et al., 2016). Möglicherweise begünstigt die bei der „mini open“ PLIF-Technik im Vergleich zur konventionellen PLIF-Technik umfangreichere Verwendung des OP-Mikroskops eine Schonung nervaler Strukturen und senkt somit das Risiko für nervale Komplikationen, insbes. inzidenteller Duraverletzungen.

Einige wenige Arbeiten berichteten über vergleichbare Komplikationsraten beider Techniken. In Yang et al. (Yang et al., 2016) randomisierter kontrollierter Studie betrug die Komplikationsrate beim PLIF 11,8%, beim TLIF 9,4%. Beide Techniken hatten eine Fusionsrate von 100% und vergleichbare Outcome-Werte. Fariborz et al. (Fariborz, 2016) zeigten in ihrer retrospektiven Studie ebenfalls vergleichbare Resultate beider Techniken bei intra- oder postoperativen Komplikationen, ODI-Scores und Fusionsraten. Auch de Kunder et al. (de Kunder, 2016) berichteten in ihrer retrospektiven Fallserie von vergleichbaren Komplikationsraten (PLIF 23% vs. TLIF 25%). Der Blutverlust war beim TLIF etwas, jedoch nicht signifikant geringer. Limitierend waren in allen drei Studien die kleinen Fallzahlen.

Minimal-invasive und weniger invasive OP-Techniken sind zunehmend verbreitet und sollen durch Muskel-/Weichteil- und Nervenschonung möglichst atraumatisch sein. Erreicht wird dies durch kleine Inzisionen und eine Minimierung der Muskelretraktionszeit und Perfusionsbeeinträchtigung (Tsumimimoto et al., 2009). Beim „mini open“ PLIF erfolgt die Retraktion mittels Langenbeck lediglich im Bereich des Zielpedikels. Bei der minimal-invasiven PLIF-Technik (MIS PLIF) werden tubuläre Retraktoren verwendet. Beim konventionellen PLIF und TLIF erfolgt die Darstellung des OP-Situs großflächiger mittels Adson-Retraktoren, wodurch o.g. Faktoren negativ beeinflusst werden.

Während es viele Vergleiche zwischen minimal-invasiver und konventioneller TLIF-Technik gibt (Hartmann et al., 2022, Lee et al., 2016, Adogwa et al., 2011), sind weniger bzw. minimal invasive PLIF-Techniken spärlich beschrieben und uneinheitlich definiert. Möglich ist wie in dieser Studie ein Mittellinienzugang (Jeong et al., 2015) oder bilateraler, paramedianer Zugang (Wiltse)

(Tsutsumimoto et al., 2009). Die untersuchte „mini open“ PLIF-Technik ist bislang in der Literatur nicht beschrieben. Tsutsumimoto et al. (Tsutsumimoto et al., 2009) verglichen die Auswirkungen der „mini open“ PLIF-Technik (paramedianer, bilateraler Wiltse-Zugang) und konventionellen PLIF-Technik auf paravertebrale Muskelschäden und radiologische Parameter. Der „mini open“ PLIF sorgte im MRT für weniger Atrophie der Rückenmuskulatur (M. multifidus) und einen geringeren postoperativen Analgesiebedarf als beim konventionellen Zugang (Tsutsumimoto et al., 2009). Fusionsraten, segmentale Lordose, OP-Zeit, Blutverlust und Outcome differierten kaum. Limitierend waren die kleine Kollektivgröße (n=20) und fehlende validierte Outcome-Parameter (VAS, ODI). Jeong et al. (Jeong et al., 2015) berichteten über gute Resultate der mini open PLIF-Technik (Mittellinienzugang mit tubulären Retraktoren). Bei Spondylolisthesen ab Meyerding Grad II waren Olisthese-Reduktion, Lordosen-Erhalt, Komplikationen und Outcome zufriedenstellend. Limitierend waren die kleine Kollektivgröße (n=40) und das retrospektive Studiendesign.

Chi et al. verglichen 2020 (Chi et al., 2020) in einer Netzwerkmetaanalyse prospektiver Studien konventionelle und minimal-invasive TLIF- und PLIF-Techniken. Die konventionelle TLIF-Technik hatte die geringste Komplikationsrate, die konventionelle PLIF-Technik war – insbesondere bezogen auf neurologische Ereignisse – deutlich komplikationsbehafteter. Die Autoren führten dies wie die Mehrheit der Literatur auf die vermehrte Duraretraktion beim bilateralen PLIF zurück. Wundereignisse (z.B. verlängerte Wundsekretion, Infekte) waren am häufigsten beim konventionellen PLIF, am seltensten beim minimal-invasiven PLIF. Chi et al. begründeten dies wie andere Autoren (Mobbs et al., 2015, Lan et al., 2018, de Kunder et al., 2017) mit der zugangsbedingt invasiveren Präparation der paraspinalen Muskulatur.

### **4.3 Komplikationserfassung – die SAVES-Klassifikation**

Zur Erfassung und Beurteilung von Komplikationen bedarf es präziser Komplikationsdefinitionen und einfacher Klassifikationssysteme. Bisher mangelt es an einheitlichen Definitionen für Adverse Events (AEs= unerwünschte Ereignisse) in der Wirbelsäulen Chirurgie. Dies erschwert die Komplikationserfassung und Studienvergleichbarkeit (Rampersaud et al., 2016, Bruce et al., 2001, Elder and Dovey, 2002, Hofer et al., 2000, Krizek, 2000). Mirza et al. und Rampersaud et al. befassten sich mit der Definition und Klassifikation von AEs (Rampersaud et al., 2006, Mirza et al.,

2006). Problematisch ist der häufig synonyme Gebrauch von Begriffen wie „AE“, „adverse occurrence“, „complication“ und „near misses“ trotz teils unterschiedlicher Bedeutung oder ungenaue Termini (z.B. „major/minor events“) (Rampersaud et al., 2016).

Die verwendete SAVES-Klassifikation (Spine Adverse Events Severity System; SAVES-V2) (Rampersaud et al., 2016) zeichnet eine hohe Inter- und Intrarater-Reliabilität, einfache Handhabung und minimale Anwenderschulung aus (Rampersaud et al., 2016, Rampersaud et al., 2010b). Ziel ihrer Ausarbeitung war ein umfassendes, simples und klar definiertes Klassifikationssystem für wirbelsäulenchirurgische AEs. Als AE definiert wurde „jedes Ereignis, das durch medizinische oder chirurgische Intervention, und nicht durch eine bestehende Erkrankung oder Verletzung bedingt“ war (Rampersaud et al., 2016). Folge war „Schaden des Patienten oder zusätzlicher Überwachungs- bzw. Therapiebedarf“ (Rampersaud et al., 2016, Rampersaud et al., 2006, America, 2000, Leape et al., 1991).

Die intraoperative Komplikationsrate beider Studienkollektive war vergleichbar. Intraoperativ waren Duraläsionen am häufigsten, mit vergleichbarem Auftreten in beiden Kohorten bei Primäroperationen und erhöhtem Auftreten im TLIF-Kollektiv bei Revisionsoperationen.

Stationär waren im PLIF-Kollektiv Wundheilungsstörungen und Niereninsuffizienzen (n= 4= 0,56 %) am häufigsten, im TLIF-Kollektiv Harnwegsinfekte (n= 8= 1,81 %), ohne signifikanten Unterschied beider Kollektive. Bei tiefen Wundinfektionen im stationären Verlauf bestand kein relevanter Unterschied (PLIF n= 3= 0,42%, TLIF n= 5 = 1,13%). Laut Literatur liegt die allgemeine Infektionsrate zwischen 0-9% (Mehta et al., 2011, Chrastil and Patel, 2012, de Kunder et al., 2017), wobei der Infektionszeitpunkt nicht explizit benannt ist (stationär/poststationär).

Poststationär waren im PLIF-Kollektiv (n = 12 = 1,70 %) und im TLIF-Kollektiv (n = 9= 2,04 %) Implantatdislokationen am häufigsten, wie in Lan et al. Arbeit (Lan et al., 2018) ohne signifikanten Unterschied beider Kollektive. Dies war erwartbar, da für beide Techniken Titan-ummantelte PEEK-Cages verwendet wurden. Die Kombination beider Materialien soll die positiven Eigenschaften der heute hauptsächlich verwendeten PEEK- und Titan-Cages vereinen. Der Kunststoff PEEK (Polyetheretherketon) ähnelt von der Elastizität her natürlichem Knochen, die Elastizität von Titan hingegen ist 10-mal größer als die von kortikalem Knochen und erhöht das Risiko einer Cagesinterung (Rickert et al., 2015). PEEK ist strahlendurchlässiger, jedoch weniger osteoinduktiv als Titan (Rao et al., 2014).

Das Auftreten OP-spezifischer Komplikationen als auch die Komplikationsschwere waren bei beiden Techniken vergleichbar. Bei Revisionen waren bei beiden Techniken mehr Komplikationen vom Schweregrad 3 als 2 vorhanden. Komplikationen vom Schweregrad 2 und 3 waren am häufigsten. Vergleichswerte der Literatur gibt es bei erstmaliger Anwendung des SAVES V2-Systems bei diesem Thema nicht.

Chen et al. (Chen et al., 2017) untersuchten das SAVES V2-System bei elektiven Wirbelsäulenoperationen. Sie berichteten von einer deutlich höheren AE-Rate unabhängiger Reviewer nach SAVES V2-Anwendung verglichen mit der AE-Rate der Operateure (44% vs. 13%). Am häufigsten waren AE vom Schweregrad 1 oder 2, insbesondere die kleineren („minor“) AE wurden durch das SAVES V2-System erfasst. Die häufigsten AE waren Wundsekretion und neuropathische Schmerzen. AE vom Schweregrad 3 waren im Vergleich zu dieser Studie selten. Chen et al. (Chen et al., 2017) und Street et al. (Street et al., 2012) unterstrichen die Bedeutung der kleineren („minor“) AE, die durch das SAVES-System vermehrt erfasst würden. Wenngleich meist ohne schwerwiegende Konsequenz für den Patienten und individuell nicht kostenintensiv, machen sie kumulativ mehr als die Hälfte der Gesamtkosten für AE aus (Hellsten et al., 2013, Whitmore et al., 2012). Die Bedeutung der kleineren AE wird in einem zunehmend ökonomisierten Arbeitsumfeld in Zukunft deutlich steigen. Weitere Studien mit SAVES-Anwendung werden benötigt, um AE genauer zu untersuchen.

#### **4.4 Schwächen und Stärken der Studie**

Der Nachteil einer Registerstudie ist die retrospektive Evaluation. Die Grunddaten existieren zu Studienbeginn, die Auswertung aller perioperativer Parameter und Komplikationen erfolgt retrospektiv. Allerdings werden alle Parameter zeitnah zur Behandlung nach einheitlichen Kriterien eingegeben, sodass zumindest dem „confounding factor“ der vielen Operateure entgegengesteuert wird. Bekanntermaßen haben retrospektive Längsschnittstudien einen geringeren Evidenzgrad als prospektive. Die Datenqualität der Komplikationserfassung sinkt im Falle einer retrospektiven Erhebung und auch die Komplikationsrate kann sich in diesem Fall gegenüber einer prospektiv erhobenen Komplikationsrate unterscheiden. Idealerweise sollten AE unmittelbar intraoperativ, stationär und poststationär mittels SAVES V2-Schema erfasst werden.

Problematisch sind zudem lückenhafte Follow-Up-Daten (FU) in Registerstudien, da sie das Bias-Risiko erhöhen und Fehlinterpretationen begünstigen. In beiden Kollektiven unterschied sich die Teilnahmerate der Patienten an den FU-Untersuchungen. Im TLIF-Kollektiv waren die FU-Daten lückenhafter als im PLIF-Kollektiv, da weniger Studienteilnehmer an den FU-Interviews (postalisch oder telefonisch) teilnahmen. Dieses vorzeitige Ausscheiden aus der Studie kann eine Attrition-Bias begünstigen.

Eine dritte Einschränkung der vorliegenden Studie besteht darin, dass in Hamburg und München jeweils eine der beiden verglichenen Operationstechniken durchgeführt wurde. Dies könnte prinzipiell ein Bias-Risiko darstellen, andererseits den Vorteil der „high-volume surgery“ bieten. Problematischer ist die Diskrepanz im Ausbildungsstand der Operateure. In Hamburg-Eilbek (PLIF-Kollektiv) operierten überwiegend erfahrene Operateure, in München-Harlaching (TLIF-Kollektiv) hingegen auch jüngere Operateure. Die fehlende detaillierte Erfassung der klinischen Erfahrung der Operateure ist ein weiterer Schwachpunkt dieser Studie. Chi et al. (Chi et al., 2020) kritisierten die in fast allen Studien zu diesem Thema fehlende Information diesbezüglich. Dies ist gerade bei Operationstechniken, deren Outcome durch klinische Erfahrung maßgeblich beeinflusst wird, ein Schwachpunkt.

In der vorliegenden Studie mit einem FU von 2 Jahren können keine Aussagen bzgl. Anschlussdegenerationen oder langfristiger Rücken-/Beinschmerzen mit Mobilitätseinschränkung getroffen werden. Dafür bedarf es Studien mit einer mehrjährigen Nachbeobachtung.

Anhand von Registerstudien können keine radiologischen Parameter wie z.B. Wiederherstellung der Lordose oder Wirbelsäulenalignement analysiert werden. Diese haben jedoch Einfluss auf den klinischen Outcome. In dieser Studie wurden keine Fusionsraten untersucht. Wenngleich von Bedeutung für den klinischen Outcome, existiert diesbezüglich in der Literatur kein signifikanter Unterschied zwischen PLIF und TLIF (Park, 2005, Yan et al., 2008, Sakeb, 2013, Zhuo et al., 2009).

Neben den aufgeführten Schwächen hat diese Arbeit auch Stärken. Trotz der retrospektiven Auswertung perioperativer Parameter und Komplikationen erfolgte die Erhebung der FU-Daten z.T. prospektiv. Alle monosegmental fusionierten Patienten mit fehlendem FU von mind. 12 Monaten (n = 290) wurden telefonisch nachbefragt. Die FU-Studie hat gemäß der Oxford-Evidenzkriterien (Howick, 2011) einen Evidenzgrad 3 und ist den in der Literatur überwiegenden rein retrospektiven

Kohortenstudien (Liu et al., 2016, Sakeb, 2013, Park, 2005, Yan et al., 2008, Fariborz, 2016, de Kunder, 2016) vom Evidenzgrad 4 überlegen (de Kunder et al., 2017).

Eine weitere Stärke dieser Studie ist die Größe der Studienpopulation. Während bisherige Studien meist kleinere Fallzahlen haben (Humphreys et al., 2001, Park, 2005, Sakeb, 2013), besaß unser Studienkollektiv eine ausreichende Größe, um belastbare Aussagen zu treffen. Zhang et al. hatten 2014 in ihrer Übersichtsarbeit die geringen Fallzahlen bisheriger Studien bemängelt (Zhang et al., 2014). Anhand eines größeren Studienkollektivs lassen sich mögliche Datenlücken besser kompensieren, da das Bias-Risiko sinkt. Die Kollektivgröße dieser Studie erlaubt die Analyse von Trends und Korrelationen, die Grundlage für weitere Hypothesen bietet.

Ein wichtiger Bestandteil dieser Arbeit ist die Komplikationserfassung nach einem einheitlichen Klassifikationssystem (SAVES V2). Bislang erfolgte die Komplikationserfassung oft nicht einheitlich und zeigte große Unterschiede zwischen den jeweiligen Studien. So wurden Früh-/Spätkomplikationen, transiente/permanente Komplikationen und Major/Minor-Komplikationen differenziert (de Kunder et al., 2017, Park, 2005, Mehta et al., 2011, Mura et al., 2011) oder nur bestimmte Komplikationen wie Beinlähmung, Duraverletzung und postoperative Rückenschmerzen erfasst (Fariborz, 2016). Diese Studie ist die erste PLIF- und TLIF-vergleichende Arbeit, in der alle Komplikationen einheitlich erfasst und nach jeweiligem Schweregrad klassifiziert wurden.

Ein Problem vieler Studien zu diesem Thema ist die Dateninhomogenität (de Kunder et al., 2017, Park, 2005, Fariborz, 2016, Mehta et al., 2011, Mura et al., 2011), die einen Vergleich erschwert. Durch die standardisierte präoperative Erfassung des initialen Gesundheitszustandes und postoperative Outcome-Erfassung der Patienten mit einheitlichen FU-Fragebögen lagen in dieser Studie homogene Daten vor. Dies erhöhte die Vergleichbarkeit zwischen beiden Studienzentren und sorgte für eine bessere Datenqualität im Vergleich zu bisherigen Studien (de Kunder et al., 2017) mit oft inhomogenen Evaluationsparametern.

Patientenbezogene Outcome-Daten (PROMS), die wichtig für die Beurteilung des klinischen Outcomes und der therapeutischen Wirksamkeit eines Eingriffes sind, werden nur in wenigen Studien verwendet.

Problematisch ist auch die häufige Verwendung unterschiedlicher Outcome-Parameter in den jeweiligen Studien, die von einfachen Schmerzscores bis zum SF-36-Gesundheitsfragebogen (Bullinger, 1996) reichen (de Kunder et al., 2017). Der ODI (Oswestry Disability Index), heutzutage

das gebräuchlichste Messinstrument für Rückenschmerzen (Mehra et al., 2008), wird laut de Kunder et al. (de Kunder et al., 2017) nur in drei Studien erhoben und nicht in VAS Rücken / VAS Bein unterteilt. Anhand der begrenzten PROMS-Daten in der Literatur konnten bislang noch keine belastbaren Aussagen hinsichtlich möglicher Verfahrensunterschiede gemacht werden (de Kunder et al., 2017). In unserer Studie wurden sowohl validierte Rückenschmerzspezifische (ODI) als auch nicht-krankheitsspezifische (EQ5D) Outcome-Parameter verwendet, um das klinische Ergebnis zu objektivieren.

## 5. Zusammenfassung

### Einleitung:

Degenerative Wirbelsäulenerkrankungen mit persistierenden Rücken- und Beinschmerzen sind eine Volkskrankheit. Ursachen sind die lumbale Spinalkanalstenose, Bandscheibenvorfälle und die degenerative Spondylolisthese (Wirbelgleiten). Bei frustraner konservativer Therapie haben sich die wirbelsäulenchirurgischen Eingriffe – die posteriore und die transforaminale lumbale interkorporelle Fusion (PLIF und TLIF) – bewährt. Trotz retrospektiver Studien wurde bislang die Überlegenheit einer der beiden Techniken nicht bewiesen. In der Literatur wird die Komplikationsrate der konventionellen PLIF-Technik als deutlich erhöht angegeben, allerdings bei uneinheitlicher Komplikationserfassung. In dieser retrospektiven Studie wurde eine weniger invasive PLIF-Technik mit der konventionellen TLIF-Technik verglichen und die Komplikationen wurden mit einer validierten Klassifikation erfasst (SAVES V2-System, (Rampersaud et al., 2016)).

### Material und Methoden:

Zwischen 2013 und 2017 wurden 1142 Patienten in PLIF- (n= 702) oder TLIF-Technik (n= 440) über 1-3 Segmente operiert. Die Patient Related Outcome Measures (PROMS) von 762 Patienten wurden 3, 12 und 24 Monate nach dem Eingriff erfasst. Zusätzlich wurden epidemiologische Daten und die Komplikationen intraoperativ, stationär und poststationär nach SAVES V2 klassifiziert. Patienten mit monosegmentalem PLIF oder TLIF und mit FU von mindestens 12 Monaten wurden zusätzlich anhand von PROMS (VAS Rücken/Bein, EQ-5D und ODI) befragt. Bei fehlendem FU von mindestens 12 Monaten (n= 121) erfolgte eine telefonische Nachbefragung mit drei Fragebögen (Basisfragebogen für Eingriffe an der LWS, ODI, EQ5D).

### Ergebnisse:

Das Durchschnittsalter zum Operationszeitpunkt betrug 66 Jahre. Die Gesamtkomplikationsrate lag bei 13,74 %. Das TLIF-Kollektiv hatte eine statistisch signifikant höhere Komplikationsrate (TLIF= 16,6 % / PLIF= 11,9 %;  $p = 0,0338$ ), insbesondere bei Revisionen (TLIF= 20,9 % / PLIF= 12,6 %;  $p = 0,03252$ ). Bei Primäreingriffen korrelierte die OP-Technik nicht mit der Komplikationsrate (TLIF= 12,4 % / PLIF= 11,7 %). Bei der Komplikationsschwere zeigten sich keine Unterschiede. Die Komplikationsarten und ihr Auftreten waren bei beiden Techniken ähnlich. Lediglich Duraläsionen

waren bei TLIF-Revisionen häufiger als bei PLIF-Revisionen (TLIF= 6,97% / PLIF= 3,84%, wengleich nicht signifikant ( $p= 0,19$ )). Bei vergleichbaren präoperativen Outcome-Parametern zeigten sich auch postoperativ keine signifikanten Unterschiede beider Techniken. Alle Patienten waren mit dem Eingriff sehr zufrieden.

#### **Fazit:**

Sowohl PLIF als auch TLIF waren wirksame Eingriffe in der Behandlung der degenerativen Spondylolisthese. Beide Techniken bewirkten eine vergleichbare Schmerzreduktion und Verbesserung der Lebensqualität. Die weniger invasive PLIF-Technik hatte eine geringere Komplikationsrate sowohl im Vergleich zu der konventionellen PLIF-Technik als auch der TLIF-Technik. Das klinische Outcome beider Techniken war vergleichbar. Zur Überprüfung der Ergebnisse und Korrelationen bedarf es randomisierter klinischer Studien zu diesem Thema.

#### **Summary**

##### **Background:**

Degenerative spine diseases with persistent back and leg pain are widespread. Spinal canal stenosis, herniated discs and degenerative spondylolisthesis, which might compress neural structures, are the most common causes. In case of unsuccessful conservative therapy, surgical procedures as posterior and transforaminal interbody fusion (PLIF and TLIF, respectively), have proven to be effective. Several retrospective studies address this topic. Evidence-based superiority of one technique compared with the other still lacks. High rates of complications following PLIF are reported, but their definition is inconsistent. The aim of this retrospective study was to compare a novel less invasive PLIF-technique with the conventional TLIF-procedure. Furthermore, the complications of both cohorts of patients have been classified with a validated system (SAVES V2-System, (Rampersaud et al., 2016)).

##### **Materials and methods:**

Between 2013 and 2017, 1142 patients underwent PLIF (702) or TLIF (n= 440) up to 3 levels. Patient Related Outcome Measures (PROMS) of 762 patients were collected 3, 12 and 24 months postoperatively. Epidemiological data, intra- and postoperative complications during hospitalization

and after discharge were analyzed according to SAVES V2. Patients with single-level PLIF or TLIF and a complete follow up of minimum 12 months were evaluated regarding clinical outcome (VAS back/leg, EQ-5D und ODI) and patient satisfaction (PROMS). Follow up-data after 12 months (n= 121) were collected during a phone interview.

### **Results:**

The mean age of patients was 66 years. The overall complication rate was 13,74%. TLIF-patients had significantly more complications than PLIF-patients (TLIF= 16,6%/ PLIF= 11,9%,  $p= 0,0338$ ). Accordingly, complications during revision surgeries were more frequent in the first cohort (TLIF= 20,9 % / PLIF= 12,6 %;  $p = 0,03252$ ). In primary interventions, the surgical technique did not correlate with the complication rate (TLIF= 12,4 % / PLIF= 11,7 %). There were no significant differences regarding severity of complications. The types of complications and their occurrence were similar for both techniques. Only dural lesions were more frequent in TLIF revisions than in PLIF revisions (TLIF= 6,97% / PLIF= 3,84 %, although not significantly ( $p= 0,19$ )). With comparable outcome parameters preoperatively, these parameters also did not differ significantly postoperatively. The patients of both groups were very satisfied with surgery.

### **Conclusions:**

PLIF and TLIF are both effective surgical procedures for degenerative spondylolisthesis. Pain reduction and improvement of life quality are comparable. The complication rate of the novel less invasive PLIF variant is lower than that of the conventional PLIF and TLIF techniques, primarily due to lower rates of dural lesions in revision surgeries. However, both techniques have comparable clinical outcomes. Randomized clinical trials on this topic are required to verify the results and correlations.

## 6. Abkürzungsverzeichnis

AE	Adverse Event
AAOS	American Association of Orthopaedic Surgery
ALIF	Anterior Lumbar Interbody Fusion
EQ5D-3L	European Quality of Life 5 Dimensions 3
IQR	Inter-Quartil-range
LWS	Lendenwirbelsäule
ODI	Oswestry Disability Index
OLIF	Oblique Lumbar Interbody Fusion
PEEK	Poly-ether-ether-keton
PLIF	Posterior Lumbar Interbody Fusion
PLF	Posterolaterale Fusion
PROMS	Patient Related Outcome Measures
SAVES	Spinal Adverse Event Severity System
SAVES V2	Spinal Adverse Event Severity System Version 2
SD	Standard deviation
TLIF	Transforaminal Lumbar Interbody Fusion
VAS	Visual Analogue Scale
XLIF	Extreme Lateral Lumbar Interbody Fusion
ZWR	Zwischenwirbelraum

## 7. Literaturverzeichnis

### Internetquellen

- AMERICA, I. O. M. C. O. Q. O. H. C. I. 2000. *To Err is Human: Building a Safer Health System* [Online]. Washington (DC): National Academies Press (US). Available: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK225182/> doi: 10.17226/9728 [Accessed 23/05/2023 12:00 2023].
- BERN, U. 2016. *Schweregrade nach Meyerding. Aus: RadioSurf - Interaktive Lernmodule zur Diagnostischen Radiologie für Studierende der Medizin und Ärzten in Weiterbildung. Bild 24/42, copyright Abt. für Unterricht und Medien AUM, Institut für Medizinische Lehre IML, Universität Bern* [Online]. Available: <https://radiosurf.elearning.aum.iml.unibe.ch/htmls/slide.html?radiosurf%7Cradskelton%7Cfindings%7Cclassification%7C24> [Accessed 13/01/2021 2021].
- CURTIS, L., SHAH, N. & PADALIA, D. 2019. *Facet Joint Disease* [Online]. Treasure Island (FL): Scott Dulebohn. Available: <https://www.statpearls.com/point-of-care/21534> [Accessed 19/06/2021 2021].
- HOWICK, J. 2011. *The Oxford 2011 levels of evidence* [Online]. Centre for Evidence Based Medicine (CEBM), University of Oxford. Available: <https://www.cebm.ox.ac.uk/resources/levels-of-evidence/ocebml-levels-of-evidence> [Accessed 23/05/2023 11:30 2023].
- ZICH, K., TISCH, T. 2016. *Faktencheck Rücken. Rückenschmerzbedingte Krankenhausaufenthalte und operative Eingriffe - Mengenentwicklung und regionale Unterschiede, 1. Aufl.* [Online]. Online: Bertelsmann Stiftung. Available: <https://www.bertelsmann-stiftung.de/de/publikationen/publikation/did/faktencheck-ruecken> [Accessed 23/05/2023 13:00 2023].

### Zeitschriften

- ADOGWA, O., PARKER, S. L., BYDON, A., CHENG, J. & MCGIRT, M. J. 2011. Comparative effectiveness of minimally invasive versus open transforaminal lumbar interbody fusion: 2-year assessment of narcotic use, return to work, disability, and quality of life. *J Spinal Disord Tech*, 24, 479-84.
- ALBEE, F. H. 2007. Transplantation of a portion of the tibia into the spine for Pott's disease: a preliminary report 1911. *Clin Orthop Relat Res*, 460, 14-6.
- AUDAT, Z., MOUTASEM, O., YOUSEF, K. & MOHAMMAD, B. 2012. Comparison of clinical and radiological results of posterolateral fusion, posterior lumbar interbody fusion and transforaminal lumbar interbody fusion techniques in the treatment of degenerative lumbar spine. *Singapore Med J*, 53, 183-7.
- BAGBY, G. W. 1988. Arthrodesis by the distraction-compression method using a stainless steel implant. *Orthopedics*, 11, 931-4.

- BIJUR, P. E., SILVER, W. & GALLAGHER, E. J. 2001. Reliability of the visual analog scale for measurement of acute pain. *Acad Emerg Med*, 8, 1153-7.
- BLUME, H. G. 1985. Unilateral posterior lumbar interbody fusion: simplified dowel technique. *Clin Orthop Relat Res*, 75-84.
- BOSWORTH, D. M. 1942. Clothespin graft of the spine for spondylolisthesis and laminal defects. *Surg Gynecol Obstet*, 75, 593–599.
- BRANTIGAN, J. W., MCAFEE, P. C., CUNNINGHAM, B. W., WANG, H. & ORBEGOSO, C. M. 1994. Interbody Lumbar Fusion Using a Carbon Fiber Cage Implant Versus Allograft Bone: An Investigational Study in the Spanish Goat. *Spine*, 19, 1436-1443.
- BRIGGS, H., MILLIGAN, P. 1944. Chip fusion of the low back following exploration of the spinal canal. *J Bone Joint Surg* 26:125–130.
- BRUCE, J., RUSSELL, E. M., MOLLISON, J. & KRUKOWSKI, Z. H. 2001. The measurement and monitoring of surgical adverse events. *Health Technol Assess*, 5, 1-194.
- BULLINGER, M. 1996. [Assessment of health related quality of life with the SF-36 Health Survey]. *Rehabilitation (Stuttg)*, 35, XVII-XXVII; quiz XXVII-XXIX.
- BYDON, M., ALVI, M. A. & GOYAL, A. 2019. Degenerative Lumbar Spondylolisthesis: Definition, Natural History, Conservative Management, and Surgical Treatment. *Neurosurg Clin N Am*, 30, 299-304.
- CAMPBELL, W. C. 1927. An operation for extra-articular fusion of the sacroiliac joint. *Surg Gynecol Obstet*, 45, 218-9.
- CARL, A. L., TROMANHAUSER, S. G. & ROGER, D. J. 1992. Pedicle screw instrumentation for thoracolumbar burst fractures and fracture-dislocations. *Spine (Phila Pa 1976)*, 17, S317-24.
- CARLSSON, A. M. 1983. Assessment of chronic pain. I. Aspects of the reliability and validity of the visual analogue scale. *Pain*, 16, 87-101.
- CHEN, B. P., GARLAND, K., ROFFEY, D. M., POITRAS, S., DERVIN, G., LAPNER, P., PHAN, P., WAI, E. K., KINGWELL, S. P. & BEAULÉ, P. E. 2017. Can Surgeons Adequately Capture Adverse Events Using the Spinal Adverse Events Severity System (SAVES) and OrthoSAVES? *Clin Orthop Relat Res*, 475, 253-260.
- CHI, K.-Y., CHENG, S.-H., KUO, Y.-K., LIN, E.-Y. & KANG, Y.-N. 2020. Safety of Lumbar Interbody Fusion Procedures for Degenerative Disc Disease: A Systematic Review With Network Meta-Analysis of Prospective Studies. *Global Spine Journal*, 0, 2192568220938024.
- CHRASTIL, J. & PATEL, A. A. 2012. Complications associated with posterior and transforaminal lumbar interbody fusion. *J Am Acad Orthop Surg*, 20, 283-91.

- CLOWARD, R. B. 1952. The treatment of ruptured lumbar intervertebral disc by vertebral body fusion. III. Method of use of banked bone. *Ann Surg*, 136, 987-92.
- CLOWARD, R. B. 1953. The treatment of ruptured lumbar intervertebral discs by vertebral body fusion. I. Indications, operative technique, after care. *J Neurosurg*, 10, 154-68.
- CLOWARD, R. B. 1981. Spondylolisthesis: treatment by laminectomy and posterior interbody fusion. *Clin Orthop Relat Res*, 74-82.
- CLOWARD, R. B. 1985. Posterior lumbar interbody fusion updated. *Clin Orthop Relat Res*, 16-9.
- COLE, C. D., MCCALL, T. D., SCHMIDT, M. H. & DAILEY, A. T. 2009. Comparison of low back fusion techniques: transforaminal lumbar interbody fusion (TLIF) or posterior lumbar interbody fusion (PLIF) approaches. *Curr Rev Musculoskelet Med*, 2, 118-26.
- COOK, C. E., GARCIA, A. N., WRIGHT, A., SHAFFREY, C. & GOTTFRIED, O. 2021. Measurement Properties of the Oswestry Disability Index in Recipients of Lumbar Spine Surgery. *Spine (Phila Pa 1976)*, 46, E118-e125.
- COUPER, J., DAVIES, J. & O'BRIEN, J. 1980. The Oswestry low back pain disability questionnaire. *Physiotherapy* 1980, 66, 271-273.
- DE KUNDER, S. L., RIJKERS, K., CAELERS, I., DE BIE, R. A., KOEHLER, P. J. & VAN SANTBRINK, H. 2018. Lumbar Interbody Fusion: A Historical Overview and a Future Perspective. *Spine (Phila Pa 1976)*, 43, 1161-1168.
- DE KUNDER, S. L., RIJKERS, K., VAN HEMERT, W., WILLEMS, P., TER LAAK-POORT, M., VAN SANTBRINK, H. 2016. Transforaminal versus posterior lumbar interbody fusion as operative treatment of lumbar spondylolisthesis, a retrospective case series. *Interdisciplinary Neurosurgery: Advanced Techniques and Case management*, 5, 64-68.
- DE SCHEPPER, E. I., KOES, B. W., VELDHUIZEN, E. F., OEI, E. H., BIERMAZEINSTRAS, S. M. & LUIJSTERBURG, P. A. 2016. Prevalence of spinal pathology in patients presenting for lumbar MRI as referred from general practice. *Fam Pract*, 33, 51-6.
- DERMAN, P. B. & ALBERT, T. J. 2017. Interbody Fusion Techniques in the Surgical Management of Degenerative Lumbar Spondylolisthesis. *Curr Rev Musculoskelet Med*, 10, 530-538.
- DEVINE, J., SCHENK-KISSER, J., SKELLY, A. 2012. Risk factors for degenerative spondylolisthesis: a systematic review. *Evidence-based spine-care Journal*, 03, 25-34.
- DICK, W., KLUGER, P., MAGERL, F., WOERSDORFER, O. & ZACH, G. 1985. A new device for internal fixation of thoracolumbar and lumbar spine fractures: the 'fixateur interne'. *Paraplegia*, 23, 225-32.

- EISMONT, F. J., NORTON, R. P. & HIRSCH, B. P. 2014. Surgical management of lumbar degenerative spondylolisthesis. *J Am Acad Orthop Surg*, 22, 203-13.
- EL-MASRY, M. A., KHAYAL, H. & SALAH, H. 2008. Unilateral transforaminal lumbar interbody fusion (TLIF) using a single cage for treatment of low grade lytic spondylolisthesis. *Acta Orthop Belg*, 74, 667-71.
- ELDER, N. C. & DOVEY, S. M. 2002. Classification of medical errors and preventable adverse events in primary care: a synthesis of the literature. *J Fam Pract*, 51, 927-32.
- FAIRBANK, J. C., COUPER, J., PYNSENT, P. B. 2000. The Oswestry Disability Index. *SPINE*, 25, Number 22, 2940-2953.
- FALDINI, C., PAGKRATI, S., ACRI, F., MISCIONE, M. T., FRANCESCONI, D. & GIANNINI, S. 2007. Surgical treatment of symptomatic degenerative lumbar spondylolisthesis by decompression and instrumented fusion. *Journal of Orthopaedics and Traumatology : Official Journal of the Italian Society of Orthopaedics and Traumatology*, 8, 128-133.
- FARIBORZ, S., GHAREDAGHI, M., KHOSRAVI, A. F., SAMINI, M. 2016. Comparison of Results of 4 Methods of Surgery in Grade 1 Lumbosacral Spondylolisthesis. *Neurosurgery Quarterly*, 26, 14-18.
- FLEEGER, C., RICKERT, M. & RAUSCHMANN, M. 2015. [The PLIF and TLIF techniques. Indication, technique, advantages, and disadvantages]. *Orthopade*, 44, 114-23.
- GARRATT, A. M., FURUNES, H., HELLMUM, C., SOLBERG, T., BROX, J. I., STORHEIM, K. & JOHNSEN, L. G. 2021. Evaluation of the EQ-5D-3L and 5L versions in low back pain patients. *Health Qual Life Outcomes*, 19, 155.
- GATCHEL, R. J., POLATIN, P. B. & MAYER, T. G. 1995. The dominant role of psychosocial risk factors in the development of chronic low back pain disability. *Spine (Phila Pa 1976)*, 20, 2702-9.
- GHORMLEY, R. K. 1933. Low back pain, with special reference to the articular facets, with presentation of an operative procedure. *JAMA* 101:1773–1777.
- GRAF, J.-M., CLAES, C., GREINER, W. & UBER, A. 1998. Die deutsche Version des EuroQol-Fragebogens. *Zeitschrift für Gesundheitswissenschaften = Journal of public health*, 6, 3-20.
- HADRA, B. E. 2007. Wiring of the vertebrae as a means of immobilization in fracture and Potts' disease. 1891. *Clin Orthop Relat Res*, 460, 11-3.
- HARMS, J., JESZENSKY, D. 1998. Die posteriore, lumbale, interkorporelle Fusion in unilateraler transforaminaler Technik. *Orthop Traumatol* 10:90–102.
- HARMS, J. & ROLINGER, H. 1982. [A one-stager procedure in operative treatment of spondylolistheses: dorsal traction-reposition and anterior fusion (author's transl)]. *Z Orthop Ihre Grenzgeb*, 120, 343-7.

- HARRINGTON, P. R. 1962. Treatment of scoliosis. Correction and internal fixation by spine instrumentation. *J Bone Joint Surg Am*, 44, 591–610.
- HARRINGTON, P. R. 1967. Instrumentation in spine instability other than scoliosis. *S Afr J Surg*, 5, 7-12.
- HARTMANN, S., LANG, A., LENER, S., ABRAMOVIC, A., GRASSNER, L. & THOME, C. 2022. Minimally invasive versus open transforaminal lumbar interbody fusion: a prospective, controlled observational study of short-term outcome. *Neurosurg Rev*, 45, 3417-3426.
- HELLSTEN, E. K., HANBIDGE, M. A., MANOS, A. N., LEWIS, S. J., MASSICOTTE, E. M., FEHLINGS, M. G., COYTE, P. C. & RAMPERSAUD, Y. R. 2013. An economic evaluation of perioperative adverse events associated with spinal surgery. *Spine J*, 13, 44-53.
- HIBBS, R. A. 2007. An operation for progressive spinal deformities: a preliminary report of three cases from the service of the orthopaedic hospital. 1911. *Clin Orthop Relat Res*, 460, 17-20.
- HOFER, T. P., KERR, E. A. & HAYWARD, R. A. 2000. What is an error? *Eff Clin Pract*, 3, 261-9.
- HUMPHREYS, S. C., HODGES, S. D., PATWARDHAN, A. G., ECK, J. C., MURPHY, R. B. & COVINGTON, L. A. 2001. Comparison of posterior and transforaminal approaches to lumbar interbody fusion. *Spine (Phila Pa 1976)*, 26, 567-71.
- JASLOW, I. A. 1946. Intercorporal bone graft in spinal fusion after disc removal. *Surg Gynecol Obstet*, 82, 215-8.
- JEONG, S. H., KIM, H. S. & KIM, S. W. 2015. Mini-open PLIF for Moderate to High Grade Spondylolisthesis: Technique to Achieve Spontaneous Reduction. *Korean J Spine*, 12, 251-5.
- JUNGHANNS, H. 1931. Spondylolisthesen ohne Spalt im Zwischengelenkstück. *Arch orthop Unfall-Chir*, 29, 118-127.
- KING, D. 1948. Internal fixation for lumbosacral fusion. *J Bone Joint Surg [Am]*, 30, 560-565.
- KOENIG, S., JAUREGUI, J. J., SHASTI, M., JAZINI, E., KOH, E. Y., BANAGAN, K. E., GELB, D. E. & LUDWIG, S. C. 2019. Decompression Versus Fusion for Grade I Degenerative Spondylolisthesis: A Meta-Analysis. *Global Spine J*, 9, 155-161.
- KRIZEK, T. J. 2000. Surgical Error: Ethical Issues of Adverse Events. *Archives of Surgery*, 135, 1359-1366.
- KUSLICH, S., ULSTROM, C., GRIFFITH, S., AHERN, J., DOWDLE, J. 1998. The Bagby and Kuslich method of lumbar interbody fusion: history, techniques, and 2-year follow-up results of a United States Prospective, Multicenter trial. *Spine*, 23, 1267-1278.

- LAN, T., HU, S. Y., ZHANG, Y. T., ZHENG, Y. C., ZHANG, R., SHEN, Z. & YANG, X. J. 2018. Comparison Between Posterior Lumbar Interbody Fusion and Transforaminal Lumbar Interbody Fusion for the Treatment of Lumbar Degenerative Diseases: A Systematic Review and Meta-Analysis. *World Neurosurg*, 112, 86-93.
- LEAPE, L. L., BRENNAN, T. A., LAIRD, N., LAWTHERS, A. G., LOCALIO, A. R., BARNES, B. A., HEBERT, L., NEWHOUSE, J. P., WEILER, P. C. & HIATT, H. 1991. The nature of adverse events in hospitalized patients. Results of the Harvard Medical Practice Study II. *N Engl J Med*, 324, 377-84.
- LEE, W. C., PARK, J. Y., KIM, K. H., KUH, S. U., CHIN, D. K., KIM, K. S. & CHO, Y. E. 2016. Minimally Invasive Transforaminal Lumbar Interbody Fusion in Multilevel: Comparison with Conventional Transforaminal Interbody Fusion. *World Neurosurg*, 85, 236-43.
- LI, N., SCOFIELD, J., MANGHAM, P., COOPER, J., SHERMAN, W. & KAYE, A. 2022. Spondylolisthesis. *Orthop Rev (Pavia)*, 14, 36917.
- LIU, J., DENG, H., LONG, X., CHEN, X., XU, R. & LIU, Z. 2016. A comparative study of perioperative complications between transforaminal versus posterior lumbar interbody fusion in degenerative lumbar spondylolisthesis. *Eur Spine J*, 25, 1575-1580.
- MACKENZIE-FORBES, A. 1922. The operative treatment of scoliosis *Journal of Bone and Joint Surgery*, 4, 446.
- MAGERL, F. P. 1984. Stabilization of the lower thoracic and lumbar spine with external skeletal fixation. *Clin Orthop Relat Res*, 125-41.
- MANNION, A. F., JUNGE, A., FAIRBANK, J. C. T., DVORAK, J. & GROB, D. 2006. Development of a German version of the Oswestry Disability Index. Part 1: cross-cultural adaptation, reliability, and validity. *European spine journal : official publication of the European Spine Society, the European Spinal Deformity Society, and the European Section of the Cervical Spine Research Society*, 15, 55-65.
- MARTIN, B. I., MIRZA, S. K., SPINA, N., SPIKER, W. R., LAWRENCE, B. & BRODKE, D. S. 2019. Trends in Lumbar Fusion Procedure Rates and Associated Hospital Costs for Degenerative Spinal Diseases in the United States, 2004 to 2015. *Spine (Phila Pa 1976)*, 44, 369-376.
- MEHRA, A., BAKER, D., DISNEY, S. & PYNSENT, P. B. 2008. Oswestry Disability Index scoring made easy. *Ann R Coll Surg Engl*, 90, 497-9.
- MEHTA, V. A., MCGIRT, M. J., GARCÉS AMBROSSI, G. L., PARKER, S. L., SCIUBBA, D. M., BYDON, A., WOLINSKY, J.-P., GOKASLAN, Z. L. & WITHAM, T. F. 2011. Trans-foraminal versus posterior lumbar interbody fusion: comparison of surgical morbidity. *Neurological Research*, 33, 38-42.
- MEYERDING, H. W. 1933. Diagnosis and roentgenologic evidence in spondylolisthesis. *Radiology*, 20, 108-120.

- MIRZA, S. K., DEYO, R. A., HEAGERTY, P. J., TURNER, J. A., LEE, L. A. & GOODKIN, R. 2006. Towards standardized measurement of adverse events in spine surgery: conceptual model and pilot evaluation. *BMC Musculoskelet Disord*, 7, 53.
- MOBBS, R. J., PHAN, K., MALHAM, G., SEEX, K. & RAO, P. J. 2015. Lumbar interbody fusion: techniques, indications and comparison of interbody fusion options including PLIF, TLIF, MI-TLIF, OLIF/ATP, LLIF and ALIF. *J Spine Surg*, 1, 2-18.
- MURA, P. P., COSTAGLIOLI, M., PIREDDA, M., CABONI, S. & CASULA, S. 2011. TLIF for symptomatic disc degeneration: a retrospective study of 100 patients. *Eur Spine J*, 20 Suppl 1, S57-60.
- OEZEL, L., OKANO, I., HUGHES, A. P., SARIN, M., SHUE, J., SAMA, A. A., CAMMISA, F. P., GIRARDI, F. P. & SOFFIN, E. M. 2022. Longitudinal Trends of Patient Demographics and Morbidity of Different Approaches in Lumbar Interbody Fusion: An Analysis Using the American College of Surgeons National Surgical Quality Improvement Program Database. *World Neurosurgery*, 164, e183-e193.
- OHRT-NISSEN, S., CARREON, L. Y., ANDRESEN, A. K., ANDERSEN, M. Ø. & UDBY, P. 2022. Clinical and Patient-reported Outcomes After Posterior Versus Transforaminal Lumbar Interbody Fusion—A Propensity Score-matched Cohort Study on 422 Patients with 2-year Follow-up. *Spine*, 47, 180-185.
- PAPAVERO, L. & KOTHE, R. 2015. Operative Therapie der lumbalen Spinalkanalstenose. *Orthopädie & Rheuma*, 18, 34-42.
- PARK, J.-S., KIM, Y.-B., HONG, H.-J., HWANG, S.-N. 2005. Comparison between Posterior and Transforaminal Approaches for Lumbar Interbody Fusion. *J Korean Neurosurg Soc*, 37, 340-344.
- PUJOL, B. E. A. 2003. Wobbler syndrome in horses, cervical stenotic myelopathy. A review. *Revue de Medecine Veterinaire*, 154, 289-306.
- RAMPERSAUD, Y. R., ANDERSON, P. A., DIMAR, J. R., 2ND, FISHER, C. G., SPINE TRAUMA STUDY, G. & DEGENERATIVE SPINE STUDY, G. 2016. Spinal Adverse Events Severity System, version 2 (SAVES-V2): inter- and intraobserver reliability assessment. *J Neurosurg Spine*, 25, 256-63.
- RAMPERSAUD, Y. R., MORO, E. R. P., NEARY, M. A., WHITE, K., LEWIS, S. J., MASSICOTTE, E. M. & FEHLINGS, M. G. 2006. Intraoperative Adverse Events and Related Postoperative Complications in Spine Surgery: Implications for Enhancing Patient Safety Founded on Evidence-Based Protocols. *Spine*, 31, 1503-1510.
- RAMPERSAUD, Y. R., NEARY, M. A. & WHITE, K. 2010a. Spine adverse events severity system: content validation and interobserver reliability assessment. *Spine (Phila Pa 1976)*, 35, 790-5.

- RAMPERSAUD, Y. R., NEARY, M. A. & WHITE, K. 2010b. Spine Adverse Events Severity System: Content Validation and Interobserver Reliability Assessment. *Spine*, 35, 790-795.
- RAO, P. J., PELLETIER, M. H., WALSH, W. R. & MOBBS, R. J. 2014. Spine interbody implants: material selection and modification, functionalization and bioactivation of surfaces to improve osseointegration. *Orthop Surg*, 6, 81-9.
- RÄSÄNEN, P., ROINE, E., SINTONEN, H., SEMBERG-KONTTINEN, V., RYYNÄNEN, O.-P. & ROINE, R. 2006. Use of quality-adjusted life years for the estimation of effectiveness of health care: A systematic. *International Journal of Technology Assessment In Health Care*, 22, 235-241.
- REZK, E. M. A., ELKHOLY, A. R. & SHAMHOOT, E. A. 2019. Transforaminal lumbar interbody fusion (TLIF) versus posterior lumbar interbody fusion (PLIF) in the treatment of single-level lumbar spondylolisthesis. *Egyptian Journal of Neurosurgery*, 34, 26.
- RICKERT, M., RAUSCHMANN, M., FLEEGER, C., BEHRBALK, E. & HARMS, J. 2015. [Interbody fusion procedures. Development from a historical perspective]. *Orthopade*, 44, 104-113.
- ROY-CAMILLE, R., ROY-CAMILLE, M. & DEMEULENAERE, C. 1970. [Osteosynthesis of dorsal, lumbar, and lumbosacral spine with metallic plates screwed into vertebral pedicles and articular apophyses]. *La Presse medicale*, 78, 1447-8.
- RYANG, Y. M., PAPE, H. 2017. Degenerative Lumbale Instabilität – Definition, klinische und radiologische Zeichen, Management. *Die Wirbelsäule*, 01, 101-116.
- SAKEB, N., AHSAN, K. 2013. Comparison of the early results of transforaminal lumbar interbody fusion and posterior lumbar interbody fusion in symptomatic lumbar instability. *Indian J Orthop*, 47, 255-263.
- SCHMIDT, C. O. & KOHLMANN, T. 2005. Was wissen wir über das Symptom Rückenschmerz? Epidemiologische Ergebnisse zu Prävalenz, Inzidenz, Verlauf, Risikofaktoren. *Z Orthop Ihre Grenzgeb*, 143, 292-298.
- SCHNAKE, K. J., RAPPERT, D., STORZER, B., SCHREYER, S., HILBER, F. & MEHREN, C. 2019. [Lumbar fusion-Indications and techniques]. *Orthopade*, 48, 50-58.
- SENGUPTA, D. K. & HERKOWITZ, H. N. 2005. Degenerative spondylolisthesis: review of current trends and controversies. *Spine (Phila Pa 1976)*, 30, S71-81.
- SIDHU, K. S. & HERKOWITZ, H. N. 1997. Spinal Instrumentation in the Management of Degenerative Disorders of the Lumbar Spine. *Clinical Orthopaedics and Related Research®*, 335, 39-53.

- SIEBERT, E., PRÜSS, H., KLINGEBIEL, R., FAILLI, V., EINHÄUPL, K. M. & SCHWAB, J. M. 2009. Lumbar spinal stenosis: syndrome, diagnostics and treatment. *Nat Rev Neurol*, 5, 392-403.
- STEIGER, F., BECKER, H. J., STANDAERT, C. J., BALAGUE, F., VADER, J. P., PORCHET, F. & MANNION, A. F. 2014. Surgery in lumbar degenerative spondylolisthesis: indications, outcomes and complications. A systematic review. *European Spine Journal*, 23, 945-973.
- STREET, J. T., LENEHAN, B. J., DIPOLA, C. P., BOYD, M. D., KWON, B. K., PAQUETTE, S. J., DVORAK, M. F., RAMPERSAUD, Y. R. & FISHER, C. G. 2012. Morbidity and mortality of major adult spinal surgery. A prospective cohort analysis of 942 consecutive patients. *Spine J*, 12, 22-34.
- STROMQVIST, B. 1993. Posterolateral uninstrumented fusion. *Acta Orthop Scand*, 64, 97-99.
- TAL, A. 2009. Rückenschmerzen im Alltag bestimmen - Assessment: Oswestry Disability Questionnaire. *Physiopraxis*, 7, 46-47.
- TALIA, A. J., WONG, M., L., LAU, H. C., KAYE, A. H. 2015. Comparison of the different surgical approaches for lumbar interbody fusion. *Journal of Clinical Neuroscience*, 22, 243-251.
- TARHAN, T., FROEMEL, D., RICKERT, M., RAUSCHMANN, M. & FLEEGER, C. 2015. Geschichte des Wirbelkörperersatzes. *Der Unfallchirurg*, 118, 73-79.
- TENG, I., HAN, J., PHAN, K. & MOBBS, R. 2017. A meta-analysis comparing ALIF, PLIF, TLIF and LLIF. *J Clin Neurosci*, 44, 11-17.
- TSUTSUMIMOTO, T., SHIMOGATA, M., OHTA, H. & MISAWA, H. 2009. Mini-open versus conventional open posterior lumbar interbody fusion for the treatment of lumbar degenerative spondylolisthesis: comparison of paraspinal muscle damage and slip reduction. *Spine (Phila Pa 1976)*, 34, 1923-8.
- VAN DALEN, H., WILLIAMS, A. & GUDEX, C. 1994. Lay people's evaluations of health: are there variations between different subgroups? *Journal of Epidemiology & Community Health*, 48, 248-253.
- WANG, J. C., MUMMANENI, P. V. & HAID, R. W. 2005. Current treatment strategies for the painful lumbar motion segment: posterolateral fusion versus interbody fusion. *Spine (Phila Pa 1976)*, 30, S33-43.
- WANG, Y. X. J., KÁPLÁR, Z., DENG, M. & LEUNG, J. C. S. 2017. Lumbar degenerative spondylolisthesis epidemiology: A systematic review with a focus on gender-specific and age-specific prevalence. *J Orthop Translat*, 11, 39-52.
- WETZEL, F. T., LAROCCA, S. H., LOWERY, G. L. & APRILL, C. N. 1994. The treatment of lumbar spinal pain syndromes diagnosed by discography. Lumbar arthrodesis. *Spine (Phila Pa 1976)*, 19, 792-800.

- WHITMORE, R. G., STEPHEN, J., STEIN, S. C., CAMPBELL, P. G., YADLA, S., HARROP, J. S., SHARAN, A. D., MALTENFORT, M. G. & RATLIFF, J. K. 2012. Patient comorbidities and complications after spinal surgery: a societal-based cost analysis. *Spine (Phila Pa 1976)*, 37, 1065-71.
- YAN, D.-L., LI, J., GAO, L.-B. & SOO, C. L. 2008. [Comparative study on two different methods of lumbar interbody fusion with pedicle screw fixation for the treatment of spondylolisthesis]. *Zhonghua wai ke za zhi [Chinese journal of surgery]*, 46, 497-500.
- YANG, E. Z., XU, J. G., LIU, X. K., JIN, G. Y., XIAO, W., ZENG, B. F. & LIAN, X. F. 2016. An RCT study comparing the clinical and radiological outcomes with the use of PLIF or TLIF after instrumented reduction in adult isthmic spondylolisthesis. *Eur Spine J*, 25, 1587-1594.
- ZDEBLICK, T. A. 1995. The Treatment of Degenerative Lumbar Disorders: A Critical Review of the Literature. *Spine*, 20, 138S.
- ZHANG, Q., YUAN, Z., ZHOU, M., LIU, H., XU, Y. & REN, Y. 2014. A comparison of posterior lumbar interbody fusion and transforaminal lumbar interbody fusion: a literature review and meta-analysis. *BMC Musculoskelet Disord*, 15, 367.
- ZHOU, J., WANG, B., DONG, J., LI, X., ZHOU, X., FANG, T. & LIN, H. 2011. Instrumented transforaminal lumbar interbody fusion with single cage for the treatment of degenerative lumbar disease. *Arch Orthop Trauma Surg*, 131, 1239-45.
- ZHUO, X., HU, J., LI, B., SUN, H., CHEN, Y. & HU, Z. 2009. [Comparative study of treating recurrent lumbar disc protrusion by three different surgical procedures]. *Zhongguo xiu fu chong jian wai ke za zhi = Zhongguo xiufu chongjian waikexue zazhi = Chinese journal of reparative and reconstructive surgery*, 23, 1422-1426.

#### **Kongressberichte**

- BUTTS, M., KUSLICH, S. & BECHOLD, J. Biomechanical analysis of a new method for spinal interbody fixation. 1987 Symposium, American Society of Mechanical Engineers, "Advances in Bioengineering", Boston, MA (Dec. 13-18, 1987), 1987.

#### **Hochschulschriften**

- DE KUNDER, S. L. 2018. *TLIF versus PLIF in spondylolisthesis*. MD, PhD Doctoral Thesis, Maastricht University.

#### **Monographien**

- DUPARC, J. 2005. *Chirurgische Techniken in Orthopädie und Traumatologie - Wirbelsäule*, Munich, Urban & Fischer Verlag/Elsevier GmbH.
- GREINER, W. 2012. Der EQ-5D der EuroQol-Gruppe. *Gesundheitsökonomische Evaluationen*. Springer.

- HILDEBRANDT, J., MÜLLER, G., PFINGSTEN, M. 2005. *Lendenwirbelsäule - Ursachen, Diagnostik und Therapie von Rückenschmerzen*, 1. Aufl. Munich: Urban & Fischer Verlag.
- IMHOFF, A., LINKE, R., BAUMGARTNER, R. 2014. *Checkliste Orthopädie*, 3. Aufl., Stuttgart, Thieme Verlag.
- KIM, D. H., VACCARO, A.R., FESSLER, R.G., RADCLIFF, K.E. 2018. *Spinal Instrumentation - Challenges and solutions*, 2. Aufl., Stuttgart, Thieme Verlag.
- REICHEL, H., ZWIPP, H., HEIN, W. 2000. *Wirbelsäulen Chirurgie - Standortbestimmung und Trends*, 1. Aufl., Darmstadt, Steinkopff Verlag.
- SCHÜNKE, M., SCHULTE, E., SCHUMACHER, U., VOLL, M., WESKER, K. 2007. *Allgemeine Anatomie und Bewegungssystem. Knochen, Bänder und Gelenke. Prometheus - Lernatlas der Anatomie*, 2. Aufl. Stuttgart: Thieme Verlag.
- VON STREMPPEL, A. 2001. *Die degenerative Wirbelsäule - Terminologie*, Stuttgart, Thieme Verlag.
- WIRTH, C. J., ZICHNER, L., KRÄMER, J. 2004a. *Wirbelsäule, Thorax*, Stuttgart, Thieme Verlag.

## 8. Anhang



Bogennummer  
140010079

### Basisfragebogen für Eingriffe an der LWS/BWS

Nachbefragung

1. **Hatten Sie in der Zeit nach der Operation eine Rehabilitation?**
  - nein
  - ja, direkt nach dem stationären Aufenthalt
  - ja, aber erst einige Zeit nach der Operation
2. **Nehmen Sie Schmerzmittel gegen Ihre Bein- bzw. Rückenschmerzen?**
  - ja, regelmäßig
  - ja, gelegentlich
  - nein
  - Ich habe keine Schmerzen.
3. **Wie haben sich Ihre Rückenschmerzen im Vergleich zu der Zeit vor der Operation verändert?**
  - Sie sind völlig verschwunden.
  - Sie haben sich stark verbessert.
  - Sie haben sich etwas verbessert.
  - Sie sind unverändert.
  - Sie sind schlimmer geworden.
  - Ich hatte vor der Operation keine Rückenschmerzen.
4. **Wie haben sich Ihre Beinschmerzen im Vergleich zu der Zeit vor der Operation verändert?**
  - Sie sind völlig verschwunden.
  - Sie haben sich stark verbessert.
  - Sie haben sich etwas verbessert.
  - Sie sind unverändert.
  - Sie sind schlimmer geworden.
  - Ich hatte vor der Operation keine Beinschmerzen.
5. **Konnten Sie in Ihren alten Beruf zurückkehren?**
  - Ja, ich arbeite wieder in meinem alten Beruf.
  - Ja, ich musste aber eine leichtere Tätigkeit finden.
  - Nein, ich musste den Beruf wechseln.
  - Nein, ich kann seit der Operation nicht mehr arbeiten.
  - Ich war vor der Operation arbeitsunfähig bzw. nicht berufstätig.
6. **Wie weit können Sie unter normalen Umständen an einem Stück gehen?**
  - weniger als 100 Meter
  - 100 bis 500 Meter
  - 500 bis 1000 Meter
  - mehr als 1000 Meter
7. **Wie zufrieden sind Sie mit dem Ergebnis der Operation?**
  - sehr zufrieden
  - eher zufrieden
  - eher unzufrieden
  - sehr unzufrieden
8. **Würden Sie die Operation aus heutiger Sicht nochmals durchführen lassen?**
  - ja
  - nein
  - Das kann ich nicht sagen.

Bitte wenden und auch die Rückseite ausfüllen!

WSLWS\_BI\_FU\_V01



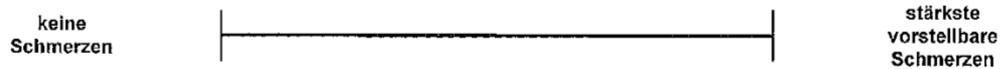
Um ein besseres Bild davon zu bekommen, wie sich Ihre Rücken- bzw. Beinschmerzen entwickelt haben, haben wir eine Skala gezeichnet, auf der Sie die von Ihnen empfundenen Schmerzen mit Hilfe eines senkrechten Striches markieren können.

**Ausfüllbeispiel:**



Wir möchten Sie nun bitten auf dieser Skala zu kennzeichnen, wie gut oder schlecht Ihrer Ansicht nach Ihr persönlicher Schmerzzustand ist.

**Wie stark sind Ihre Rückenschmerzen?**



**Wie stark sind Ihre Beinschmerzen?**



WSLWS\_VAS\_FU\_V01



**OSWESTRY-SCORE (ODI)**  
Nachbefragung

Bitte bei den Punkten 1 - 5 je eine Auswahlmöglichkeit für Ihren jetzigen Beschwerdezustand ankreuzen:

**Abschnitt 1: Schmerzstärke**

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

**Abschnitt 2: Körperpflege (z.B. Waschen, Ankleiden usw.)**

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

**Abschnitt 3: Heben**

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

**Abschnitt 4: Gehen**

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

**Abschnitt 5: Sitzen**

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

Bitte wenden und auch die Rückseite ausfüllen!

WSLWS\_ODI\_FU\_V01



Bitte bei den Punkten 6 - 10 je eine Auswahlmöglichkeit für Ihren jetzigen Beschwerdezustand ankreuzen:

**Abschnitt 6: Stehen**

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

**Abschnitt 7: Schlafen**

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

**Abschnitt 8: Sexualleben**

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

**Abschnitt 9: Sozialleben**

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

**Abschnitt 10: Reisen**

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

WSLWS\_ODI\_FU\_V01



## EQ-5D Gesundheitsfragebogen

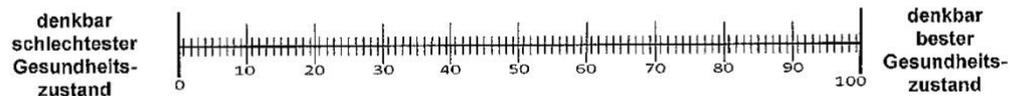
### Nachbefragung

Bitte geben Sie an, welche Aussagen Ihren heutigen Gesundheitszustand am besten beschreiben, indem Sie ein Kreuz (x) in ein Kästchen jeder Gruppe machen.

<b>1. <u>Beweglichkeit / Mobilität</u></b>	
Ich habe keine Probleme herumzugehen.	<input type="checkbox"/>
Ich habe einige Probleme herumzugehen.	<input type="checkbox"/>
Ich bin ans Bett gebunden.	<input type="checkbox"/>
<b>2. <u>Für sich selbst sorgen</u></b>	
Ich habe keine Probleme, für mich selbst zu sorgen.	<input type="checkbox"/>
Ich habe einige Probleme, mich selbst zu waschen oder mich anzuziehen.	<input type="checkbox"/>
Ich bin nicht in der Lage, mich selbst zu waschen oder mich anzuziehen.	<input type="checkbox"/>
<b>3. <u>Allgemeine Tätigkeiten</u> (z.B. Arbeit, Studium, Hausarbeit, Familien- oder Freizeitaktivitäten)</b>	
Ich habe keine Probleme, meinen alltäglichen Tätigkeiten nachzugehen.	<input type="checkbox"/>
Ich habe einige Probleme, meinen alltäglichen Tätigkeiten nachzugehen.	<input type="checkbox"/>
Ich bin nicht in der Lage, meinen alltäglichen Tätigkeiten nachzugehen.	<input type="checkbox"/>
<b>4. <u>Schmerzen / Körperliche Beschwerden</u></b>	
Ich habe keine Schmerzen oder Beschwerden.	<input type="checkbox"/>
Ich habe mäßige Schmerzen oder Beschwerden.	<input type="checkbox"/>
Ich habe extreme Schmerzen oder Beschwerden.	<input type="checkbox"/>
<b>5. <u>Angst / Niedergeschlagenheit</u></b>	
Ich bin nicht ängstlich oder deprimiert.	<input type="checkbox"/>
Ich bin mäßig ängstlich oder deprimiert.	<input type="checkbox"/>
Ich bin extrem ängstlich oder deprimiert.	<input type="checkbox"/>

Um Ihnen die Einschätzung zu erleichtern, wie gut oder wie schlecht Ihr Gesundheitszustand ist, haben wir eine Skala gezeichnet, ähnlich einem Thermometer. Der denkbar beste Gesundheitszustand ist mit einer „100“ gekennzeichnet, der schlechteste mit „0“.

Wir möchten Sie nun bitten, mit einem senkrechten Strich auf dieser Skala zu kennzeichnen, wie gut oder schlecht Ihrer Ansicht nach Ihr persönlicher Gesundheitszustand heute ist.



Vielen Dank für Ihre Mitarbeit!

## 9. Danksagung

An erster Stelle möchte ich mich herzlich und ausdrücklich bei Herrn Professor Dr. Papavero und Herrn PD Dr. Ralph Kothe bedanken. Beide haben mich während der gesamten Doktorarbeit als Betreuer stets hervorragend unterstützt. Ich hätte mir keine bessere Betreuung – sowohl fachlich wie menschlich – wünschen können. Ich danke Ihnen vielfach für das interessante Thema, Ihre Unterstützung, die schnellen Antworten und Korrekturen sowie Ihre vorbildliche Verbindlichkeit. Auch danke ich Ihnen für die mir entgegenbrachte Geduld, als es mit der Doktorarbeit arbeitsbedingt nicht so schnell voranging wie gewünscht. Ohne Ihre Betreuung wäre diese Arbeit nicht möglich gewesen.

Herrn PD Dr. Christoph Mehren in München-Harlaching gilt mein Dank für die äußerst freundliche, kooperative und angenehme Betreuung während meiner Datenerhebung in München.

Frau Eva Fischenbeck vom Qualitätsmanagement in Prien am Chiemsee danke ich für die freundliche, unkomplizierte und effektive Zusammenarbeit in der Patientennachbefragung.

Herrn Dr. Holger Aust danke ich für die extrem hilfreiche und freundliche Unterstützung bei der statistischen Auswertung.

Allen teilnehmenden Patient\*innen danke ich für Ihre Teilnahme und Mitarbeit während der Nachbefragungen.

Meiner Familie danke ich von ganzem Herzen für Ihre unermüdliche Motivation und Unterstützung. Ganz besonderer Dank gilt meiner Mutter, die immer an mich geglaubt hat.

Meiner Freundin Charlotte gilt ebenfalls ein ganz besonderer Dank. Sie hat mich während dieser Achterbahnfahrt immer mit voller Kraft und Motivation unterstützt. Danke für Deine Liebe! Diese Arbeit widme ich uns beiden.

## **10. Lebenslauf**

Entfällt aus datenschutzrechtlichen Gründen.

## **11. Eidesstattliche Versicherung**

Ich versichere ausdrücklich, dass ich die Arbeit selbständig und ohne fremde Hilfe verfasst, andere als die von mir angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt und die aus den benutzten Werken wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen einzeln nach Ausgabe (Auflage und Jahr des Erscheinens), Band und Seite des benutzten Werkes kenntlich gemacht habe.

Ferner versichere ich, dass ich die Dissertation bisher nicht einem Fachvertreter an einer anderen Hochschule zur Überprüfung vorgelegt oder mich anderweitig um Zulassung zur Promotion beworben habe.

Ich erkläre mich einverstanden, dass meine Dissertation vom Dekanat der Medizinischen Fakultät mit einer gängigen Software zur Erkennung von Plagiaten überprüft werden kann.

Unterschrift: .....