

UNIVERSITÄTSKLINIKUM HAMBURG-EPPENDORF

Klinik für Spinale Chirurgie
Schön Klinik Hamburg Eilbek
Akademisches Lehrkrankenhaus des UKE

Prof. Dr. med. L. Papavero

Intraoperativer Notfallplan zur Versorgung von lumbalen Duraläsionen

Dissertation

zur Erlangung des Grades eines Doktors der Medizin
an der Medizinischen Fakultät der Universität Hamburg

vorgelegt von:

Nils Engler
aus Lübeck

Hamburg 2018

Angenommen von der Medizinischen Fakultät am: 07.02.2019

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

Prüfungsausschuss, der/die Vorsitzende: Prof. Dr. Luca Papavero

Prüfungsausschuss, 2. Gutachter/in: PD Dr. Sven-Oliver Eicker

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	1
1.1 Zielsetzung / Fragestellung	2
1.2 Zusammenfassung 1	3
2. Grundlagen	4
2.1 Die Lendenwirbelsäule	4
2.2 Meninges medullae spinales / Rückenmarkshäute	4
2.3 Duraverletzungen und deren Risikofaktoren	5
2.4 Komplikationen und Symptome infolge einer iDV	7
2.5 Diagnostik	7
2.5.1 Intraoperative Diagnostik	8
2.5.2 Postoperative Diagnostik bei Verdacht auf Liquorverlust	9
2.6 Hilfsmittel zur intraoperativen Versorgung von iDV	11
2.6.1 TachoSil®	11
2.6.2 Nahtmaterial	12
2.6.3 Atraumatische (Gefäß-) Clips	14
2.6.4 Therapieoptionen	15
3. Material und Methoden	17
3.1 Studiendesign	17
3.2 Methoden	19
3.2.1 Operationstechniken	19
3.2.2 Instrumentarium zur Versorgung einer iDV	19
3.2.3 Versorgung der iDV nach dem - BIRD DOVE, MD - Leitfaden	20
3.3 Statistische Analyse	30
3.4 Zusammenfassung 2	30
4. Ergebnisse	31
4.1 Patientenkollektiv	31
4.1.1 Patientenkollektiv mit iOT Behandlung	35
4.1.2 Patientenkollektiv mit BIRD DOVE, MD Behandlung	37
4.2 Inzidenzen der intraoperativen Duraverletzungen	39
4.3 Revisionsraten	40
4.3.1 Revisionsraten nach Versorgung einer iDV	40
4.3.2 Revisionsraten bei Ersteingriffen	41
4.3.3 Revisionsrate bei Revisionseingriffen	42
4.4. Klinisches Fallbeispiel	45

4.5. Zusammenfassung 3	50
5. Diskussion	52
6. Zusammenfassung	61
7. Englische Zusammenfassung (Summary)	62
8. Literaturverzeichnis	63
9. Abkürzungsverzeichnis	77
10. Danksagung	79
11. Lebenslauf	80
12. Bisherige Publikationen	81
13. Eidesstattliche Versicherung	83

1. Einleitung

Die Anzahl der spinalchirurgischen lumbalen Eingriffe bei Patienten im fortgeschrittenen Lebensalter hat innerhalb der letzten 2 Jahrzehnte deutlich zugenommen. Die mikrochirurgische Dekompression der lumbalen Spinalkanalstenose ist der häufigste Eingriff bei Patienten, die älter als 65 Jahre sind (B. Weinstein et al., 2008). Ihr Ziel ist es die Mobilität und somit die Lebensqualität zu erhalten (Athiviram et al., 2007; Malmivaara et al., 2007; Papaverio et al., 2009; B. Weinstein et al., 2008).

Die operativen Risiken steigen mit zunehmendem Alter der Patienten. Grund hierfür sind nicht nur die Komorbiditäten des Patienten, sondern auch anatomische Veränderungen der operativen Zielstrukturen (Baker et al., 2012; Bosacco et al., 2001; Cammisa et al., 2000; Deyo et al., 1992; Du et al., 2014; Epstein, 2007; Khan et al., 2006; Saxler et al., 2005; Sin et al., 2006; Strömqvist et al., 2012; Takahashi et al., 2013; Wang et al., 1998; Yoshihara et al., 2014).

Minimalinvasive Operations-Techniken erlauben es heutzutage auch Patienten zu behandeln bei denen konventionelle Operationstechniken eine erhöhte Belastung darstellen würden bzw. nicht anwendbar wären (Ruban et al., 2011).

Im Falle der mikrochirurgischen Dekompression des verengten Spinalkanals wird das krankhaft verdickte gelbe Band reseziert, um ausreichend Platz für den Duralsack zu schaffen. Die oft jahrzehntelange Kompression des Duralsackes durch das degenerativ veränderte gelbe Band führt zu Verklebungen zwischen beiden Strukturen. Zudem wird die Dura mit zunehmenden Alter dünner und brüchiger (Cammisa et al., 2000; Deyo et al., 1992; Eismont et al., 1981; Jones et al., 1989; Morgan-Hough et al., 2003; Stolke et al., 1989; Wang et al., 1998). Beide Faktoren begünstigen eine intraoperative Dura - Verletzung (iDV) selbst bei sehr vorsichtigem Vorgehen.

Die iDV stellt ein unerwartetes Ereignis für das OP-Team dar. Es ist wichtig die iDV sofort optimal zu versorgen, um Revisionseingriffe zu vermeiden und/oder den Symptomen des Liquorverlustsyndroms vorzubeugen.

Die iDV ist eine der häufigsten spinalchirurgische Komplikation (Bosacco et al., 2001; Guerin et al., 2012; Morgan-Hough et al., 2003; Tafazal et al., 2005).

Die Empfehlungen hinsichtlich der intraoperativen Versorgung einer iDV sind sehr unterschiedlich. Somit wird sie maßgeblich durch die manuelle Geschicklichkeit und die Erfahrung des Operateurs bestimmt.

Um die Lernkurve weniger erfahrener Operateure zu verkürzen, ist ein strukturierter Behandlungsplan hilfreich.

1.1 Zielsetzung / Fragestellung

Die iDV ist ein unvorhergesehenes Ereignis, das den weiteren Verlauf des Eingriffes deutlich ändern kann. Die Versorgung einer iDV beruht auf der individuellen Erfahrung des Operateurs. Diese wiederum ist nicht selten das Ergebnis einer persönlichen und nicht selten längeren Lernkurve („learning by doing“).

Um jüngere Operateure auf die Versorgung einer iDV vorzubereiten, wurde ein strukturierter zehnstufiger Behandlungsplan (Akronym: BIRD DOVE, MD) entwickelt. Hierbei bezeichnet jeder Anfangsbuchstabe einen Behandlungsschritt:

1. **B**one removal until you see the whole dural tear
2. **I**ntradural look
3. **R**epone the fibers
4. **D**o an inside patch, if necessary

5. **D**ural closure
6. **O**utside patch
7. **V**alsalva maneuver
8. **E**pidural pedicled muscle flap

9. **M**ultilayer closure
10. **D**rainage of lumbar CSF, if necessary

Der Behandlungsplan kann sowohl mental verinnerlicht werden als auch im Kadaver-Workshop handwerklich trainiert werden. Beides soll auf die strukturierte Versorgung einer iDV vorbereiten. Eine exakte Ausführung des Schemas erfolgt im Kapitel Material und Methoden Punkt 3.2.3 ab Seite 22.

Die Zielsetzung dieser Arbeit besteht darin, die Verschlussrate von iDVs bei Anwendung von - BIRD DOVE, MD – mit der Verschlussrate von iDVs bei Anwendung der individuellen Verschlusstechnik zu vergleichen.

Anders formuliert, bietet die operative Versorgung einer iDV nach dem strukturierten 10-stufigen Behandlungsplan eine höhere Erfolgsrate als die konventionelle, auf die individuelle Erfahrung gestützte, Versorgung?

1.2 Zusammenfassung 1

Der demografische Wandel verursacht einen Anstieg der degenerativen Wirbelsäulenleiden. Entsprechend steigt die Anzahl der spinalchirurgischen Eingriffe p.a. Ihre häufigste Komplikation ist die iDV, gelegentlich gefolgt von protrahiertem Liquorausstritt (Liquorfistel).

Um dieser Komplikation zu begegnen, ist das Ziel dieser Arbeit einen Leitfaden anzubieten, der einen zuverlässigen Dura-Verschluss ermöglicht und somit besonders jungen Operateuren eine strukturierte und effektive Versorgungsmöglichkeit bietet.

Zusätzlich erfolgt der Vergleich der iDV Verschlussraten zwischen einer in individueller Operationstechnik (iOT) behandelten Patienten-Gruppe und einer zweiten Gruppe, die nach dem BIRD DOVE, MD -Schema behandelt wurde.

2. Grundlagen

2.1 Die Lendenwirbelsäule

Die Lendenwirbelsäule (LWS) bildet den unteren Anteil der Wirbelsäule und besteht aus 4 bis 6 Wirbelkörpern (Normosegmentation: 5).

Hiermit bildet die LWS einen Teil der physiologischen Doppel-S-Form der Wirbelsäulenstatik, die eine aufrechte Bewegung ermöglicht. Zwei Wirbelkörper stellen mit der dazwischenliegenden Bandscheibe ein Segment bzw. eine funktionelle Einheit dar (Lippert, 2000; Schiebler et al., 1999; Schünke et al., 2005).

2.2 Meninges medullae spinales / Rückenmarkshäute

Bei den spinalen Rückenmarkshäuten (Meninges medullae spinalis) unterscheidet man wie bei den Hirnhäuten, drei Schichten.

Die äußere Schicht, die sogenannte Dura mater (Harte Hirnhaut), die mittlere Arachnoidea mater (Spinnenwebenhaut) und die direkt dem Rückenmark anliegende Pia mater (Zarte Hirnhaut).

Im Gegensatz zum Schädel ist die Dura mater im Spinalkanal der Wirbelsäule nur an wenigen knöchernen Punkten fest fixiert. Dies ist direkt am Rand des Foramen magnum des Os occipitale sowie in Höhe des Os sacrum und des Os coccygis tieflumbal.

Im gesamten Spinalkanal befindet sich zwischen der Dura und dem knöchernen Wirbelkanal ein Spaltraum, der sogenannte Epidural- oder Periduralraum, der mit Bindegewebe und Fettgewebe ausgekleidet ist. In diesem liegt ein venöser Gefäßplexus (Plexus venosus vertebralis internus).

Die Arachnoidea liegt der Dura mater von innen an und ist von ihr durch den Subduralpalt (Spatium subdurale) getrennt.

Unter der Arachnoidea liegt das Spatium subarachnoideum, der mit Liquor cerebrospinalis gefüllt ist und damit den spinalen Liquorraum darstellt.

Die innerste Schicht der Rückenmarkshäute wird als Pia mater bezeichnet, sie liegt dem Rückenmark direkt auf und bedeckt es vollständig (Lippert, 2000; Schiebler et al., 1999; Schünke et al., 2005; Trepel, 2004).

Die Festigkeit der Dura und damit auch ihr Widerstand gegen chirurgische Manipulation nimmt mit zunehmenden Alter ab (Cammisa et al., 2000). Zusätzlich bilden sich bei Patienten mit lumbaler Spinalkanalstenose (SKS) häufig Verklebungen zwischen Dura

und Ligamentum flavum (gelbes Band) infolge der langjährigen Kompression durch das degenerativ veränderte und hypertrophierte gelbe Band.

2.3 Duraverletzungen und deren Risikofaktoren

Duraverletzungen können nach ihrem Ausmaß bzw. der Größe unterschieden werden:

1. „Froschaug“ oder „Perle“: die Dura mater ist verletzt, die Arachnoidea allerdings intakt. Hierbei kommt es zu keinem Liquorausstritt (Abb. 10a).
2. Die gemeinsame Verletzung von Dura und Arachnoidea bildet die andere Gruppe, die durch den Austritt von Liquor gekennzeichnet ist. Eine operative Versorgung dieser Läsion ist zwingend und sollte direkt erfolgen (Bosacco et al., 2001; Eismont et al., 1981; Guerin et al., 2012; Jones et al., 1989; Tafazal et al., 2005), um eine daraus resultierende Pseudomeningocele oder eine Liquorfistel zu vermeiden.

Eine weitere Unterscheidung betrifft die Ursache der Duraverletzung. Wir unterscheiden traumatische und iatrogene Duraverletzungen.

Einrisse der Dura durch Knochensplinter infolge von Wirbelkörperfrakturen sind eher selten. Iatrogene Verletzungen der Dura entstehen während operativer Eingriffe.

Die Inzidenz reicht von 3-4% bei lumbalen Bandscheibenvorfällen, erhöht sich auf ca. 7% bei mikrochirurgischen Dekompressionen von Spinalkanalstenosen und reicht bis zu 17,3% und mehr bei Rezidiveingriffen mit vernarbten Verhältnissen (Barrios et al., 1990; Cammisa et al., 2000; Campbell et al., 2011; Desai et al., 2011; Desai et al., 2011; Eismont et al., 1981; Epstein, 2007; Fritsch et al., 1996; Guerin et al., 2012; Hannalah et al., 2008; Hodges et al., 1999; Jones et al., 1989; Khan et al., 2006; Kotilainen et al., 1993; Le et al., 2001; McMahon et al., 2012; Morgan-Hough et al., 2003; Rampersaud et al., 2006; Rosenberg et al., 2001; Saxler et al., 2005; Silvers et al., 1993; Sin et al., 2006; Stolke et al., 1989; Tafazal et al., 2005; Than et al., 2008; Waisman et al., 1991; Wang et al., 1998; West et al., 1991; Williams et al., 2011).

Die verwendeten Instrumente bei spinalchirurgischen Operationen, wie z.B. Rongeure, Knochen - Stanzen oder hochoberflächige Fräsaufsätze beinhalten bereits aufgrund ihrer Funktion ein Gefahrenpotential (Abb. 1) (Graham, 1989; Marshall, 1992; Smith et al., 1992).

Scharfe Kanten bzw. scharfe Branchen zum Gewebelösen oder zum Knochen entfernen wie z.B. auch stumpfe Retraktionshaken können die Dura verletzen.

Bei vernarbten OP Bereichen ist aufgrund der Adhäsionen zwischen Dura und Narbengewebe das Risiko einer intraoperativen Dura - Verletzung deutlich erhöht.



Abb. 1: Spinalchirurgische Instrumente:

1. Rongeurs
2. Knochenstanzen
3. Dissektor
4. Luer
5. Präparationsschere

Weitere Risikofaktoren sind das fortgeschrittene Lebensalter (> 80 Jahre) sowie Verkalkungen des Ligamentum flavum und die abnehmende Festigkeit der Dura mater. Diese führen zu chronischen Druckusuren und entsprechen einer Ausdünnung der Dura. Dieser Befund ist bei Eingriffen von Spinalkanalstenose selten, aber bekannt (Bosacco et al., 2001; Cammisa et al., 2000; Deyo et al., 1992; Eismont et al., 1981; Jones et al., 1989; Morgan-Hough et al., 2003; Stolke et al., 1989; Wang et al., 1998).

Ein ähnlicher Anhaftungsmechanismus besteht auch bei Facettengelenkszysten, deren mediale Kapsel meist nur sehr schwer von der Dura abzulösen ist.

2.4 Komplikationen und Symptome infolge einer iDV

Die intraoperative Duraläsion ist die häufigste spinalchirurgische Komplikation (Bosacco et al., 2001; Guerin et al., 2012; Tafazal et al., 2005) und kann weitere Komplikationen nach sich ziehen.

Gelingt kein intraoperativer Verschluss der iDV (Dura mater und Arachnoidea), so besteht die Gefahr einer Liquorfistel oder einer Pseudomeningocele (Couture et al., 2003; Lee et al., 1992; Stambough et al., 2000). Bei einer Liquorfistel liegt eine kontinuierliche Verbindung zwischen dem Liquorsystem und extraduralen anatomischen Strukturen oder der Körperoberfläche vor.

Hieraus ergeben sich weitere Gefahren. Im Falle der bakteriellen Kontamination entwickelt sich eine Meningitis, die im schlimmsten Fall zu einer Sepsis führen kann (Cammisa et al., 2000; Eismont et al., 1981; Kitchel et al., 1989; Koo et al.; Lee et al., 1992; Williams et al., 2011) und / oder sogar bis hin zum Tod (Deyo et al., 1992). Auch werden subdurale Hygrome / Hämatome nach einer iDV berichtet (Friedman et al., 2002; Lu et al., 2002).

Der persistierende Liquoraustritt kann auch zu einer Pseudomeningocele führen, welche eine paraspinale Liquoransammlung mit Pseudokapselbildung darstellt. Postoperativ sammelt sich der Liquor in einem präformierten Totraum, der durch den operativen Zugangsweg entstanden ist.

Die Symptome des Liquorverlustsyndroms sind: Kopf- und Nackenschmerzen, die sich in Orthostase exazerbieren, Nackensteife, Vertigo, Nausea, Tinnitus, Photophobie, Doppelbilder und verschwommenes Sehen (Bosacco et al., 2001; Cammisa et al., 2000; Couture et al., 2003; Eismont et al., 1981; Hodges et al., 1999; Khan et al., 2006; Le et al., 2001; Mayfield et al., 1975; Mokri, 1999; Saxler et al., 2005; Wang et al., 1998).

Ursache hierfür ist der Unterdruck im Liquorraum, da dieser nicht mehr geschlossen bzw. erweitert ist.

2.5 Diagnostik

Duraverletzungen sollten bereits in der Primäroperation erkannt und versorgt werden. Hierzu gibt es intraoperativ mehrere Möglichkeiten der Diagnostik.

Postoperativ kann eine Verletzung klinisch als auch bildgebend diagnostiziert werden.

2.5.1 Intraoperative Diagnostik

Inspektion

Kommt es intraoperativ zum Liquorfluss ist die erste Maßnahme eine sorgfältige Inspektion des OP Feldes. Dieses gelingt am besten mittels Verwendung von mikrochirurgischen Hilfsmitteln. Hier ist sicherlich an erster Stelle das Mikroskop zur optimalen Visualisierung des Duraschlauches zu nennen.

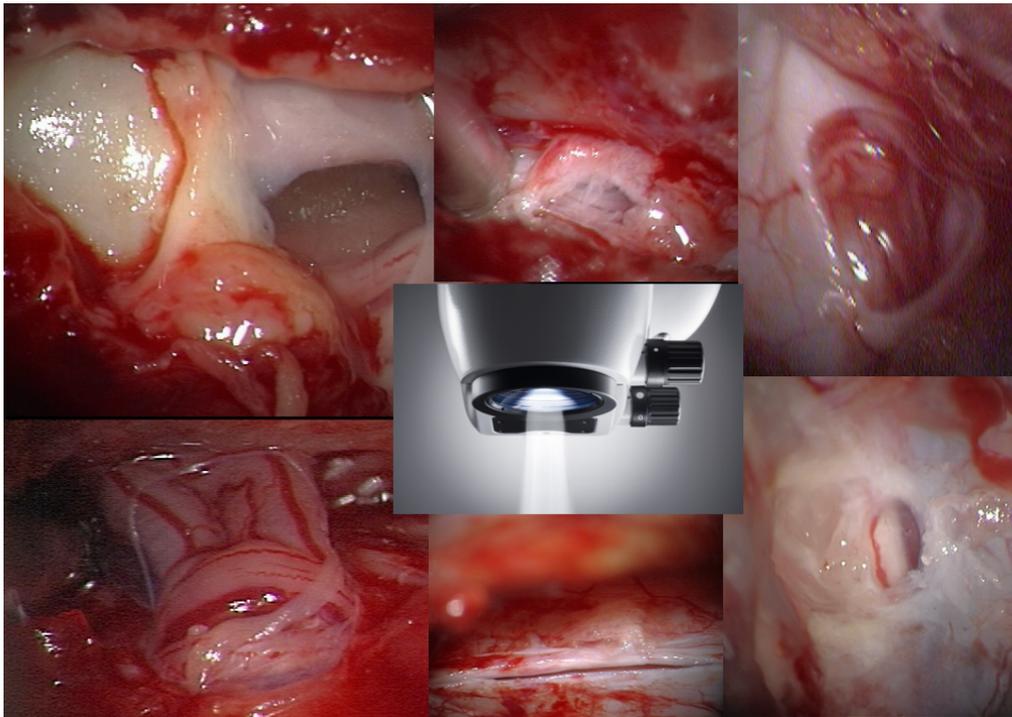


Abb. 2: Duraverletzungen fotografiert mittels Mikroskopkamera; die vielfältige Beschaffenheit der Dura und der Beteiligung der Kaudafasern ist ersichtlich.

Valsalva Manöver

Ist die primäre Inspektion erfolglos, so kann man diese um das Valsalva Manöver ergänzen. Der positive endexpiratorische Druck (PEEP) wird auf 40 cm H₂O erhöht und für 30 Sekunden auf diesem Niveau gehalten. Hierdurch kann es zum vermehrten Liquoraustritt aus der bestehenden iDV kommen und die Lokalisierung der Austrittsstelle wird erleichtert.

Fluorescein

Sollte die bisherige intraoperative Diagnostik versagt haben, kommt der Fluoreszenzfarbstoff (Fluorescein) zum Einsatz. Fluorescein ist ein Farbstoff aus der Gruppe der Xanthen Farbstoffe. Sein Natriumsalz Uranin fluoresziert grün unter UV - oder Tageslicht. Aufgrund seiner sehr geringen Toxizität und Wasserlöslichkeit findet es Anwendung bei der intrathekalen Applikation zur intraoperativen Lokalisation einer iDV mit Liquorausstritt (Abb. 3 c).

Die fehlende Darstellung von Fluorescein in situ schließt eine iDV allerdings nicht aus, wie eine falsch-negative Rate von bis zu 26,2% beweist (Keerl et al., 2004).

Die Injektion von Fluorescein erfolgt über eine intradurale Punktion ein Segment oberhalb der vermuteten Duraläsion.

In der Literatur werden Komplikationen infolge der intrathekalen Injektion von Fluorescein aufgeführt. Sie sind maßgeblich von der Dosierung abhängig. Eine Einzeldosis von 100 mg Fluorescein kann Krampfanfälle auslösen. Über einen Todesfall nach Injektion von 500 mg wird ebenfalls berichtet (Keerl et al., 2004). Reduziert man die Konzentration an Fluorescein auf eine 5%ige Lösung mit einer Maximaldosis von 50 mg, verdünnt mit 9 ml Liquor und langsamer Injektion, konnten keine Komplikationen beobachtet werden (Felisati et al., 2008).

Unsere Erfahrungen bestätigen dies: bei 12 Patienten erfolgte eine komplikationslose Applikation nach zuletzt genannter Dosierung und Injektions-Modus.

Wird Fluorescein injiziert, muss der Patient informiert werden, dass der Urin sich für einige Tage grün verfärben kann.

2.5.2 Postoperative Diagnostik bei Verdacht auf Liquorverlust

1) Klinische Untersuchung

Die klinische Untersuchung beruht auf:

a) Anamnese.

- Was für Beschwerden hat der Patient?
- Sind es die Symptome eines Liquorverlustsyndroms?

b) Postoperative Wundinspektion:

- Wie stellt sich die OP-Wunde dar?
- Ist sie trocken?

- Ist sie entzündlich verändert?
- Tritt Flüssigkeit aus?
- Besteht eine subkutane Fluktuation?
- Untersuchung der gewonnenen Flüssigkeit:
- Bestimmung von Glucose und / oder β 2-Transferrin

2) Bildgebende Diagnostik

Die bildgebende Diagnostik umfasst MRT - und / oder CT - Aufnahmen, sowie ggf. ergänzend eine sonographische Untersuchung:

MRT

In den T2 und /oder STIR gewichteten Bildsequenzen stellt sich der Liquor weiß dar. Eine Liquoransammlung epidural, intramuskulär oder subkutan kann für eine Liquorfistel sprechen.

Inzwischen finden auch sogenannte 3D - CISS Sequenzen (Constructive Interference in Steady State) Anwendung, die eine besonders hohe Spezifität und Sensitivität auch ohne Kontrastmittel haben (Klein et al., 2000).

Aufgrund der inzwischen sehr guten MRT Diagnostik verliert Fluorescein zunehmend an Bedeutung, da Liquorfisteln sehr exakt lokalisiert werden können.

CT

Bei Kontraindikationen für eine MRT (Klaustrophobie, Adipositas permagna, Herzschrittmacher etc.) kann eine CT Untersuchung durchgeführt werden. Diese weist Liquor allerdings nur optimal nach intrathekaler Injektion von Kontrastmittel nach (z.B. Post- Myelographie) CT.

Die MRT-Aufnahmen korrelieren besser mit den intraoperativen Befunden als das CT (Abel et al., 1997; Chung et al., 2000; Moriyama et al., 2004; Uhlenbrock, 1992).

Konventionelle LWS - Röntgenaufnahmen diagnostizieren eine Duraläsion hingegen nicht.

Sonographie

Die sonographische Untersuchung kann einen oberflächlichen Flüssigkeitsverhalt (Hämatom, Serom, Liquor, Pus) nachweisen und ermöglicht dessen gesteuerte Punktion. Eine Differenzierung des Sekretes ist nur durch die sonographisch geführte Punktion möglich.

Eine Duraläsion lässt sich nicht lokalisieren (Berth et al., 2003).

3) β 2 – Transferrin – Test

Im Falle einer Wundsekretion kann mithilfe dieses Testverfahrens festgestellt werden, ob es sich bei dem Sekret um Liquor handelt. Dies gilt auch für ein gewonnenes Punktat.

β 2-Transferrin ist ein Molekül, enthalten in Synovial-, Amnionflüssigkeit und Liquor. Bei Verdacht auf eine Liquorfistel kann es als spezifischer Indikator verwendet werden. Bereits 50 μ l Liquor ermöglichen den sicheren und schnellen Nachweis von β 2-Transferrin mittels Immunelektrophorese (Chan et al., 2004; Haft et al., 2004; McArthur et al., 2005).

Bei schwerwiegenden Symptomen oder neurologischen Ausfällen ist immer die umgehende operative Revision indiziert.

2.6 Hilfsmittel zur intraoperativen Versorgung von iDV

2.6.1 TachoSil®

TachoSil® (Hersteller: Takeda, Vertrieb GmbH & Co. KG, Jägerstraße 27, 10117 Berlin) wurde, wie in der Checkliste ersichtlich, zum Verschluss der Dura verwendet.

Das Kollagenvlies besteht aus equinem Kollagen, humanem Albumin, Riboflavin, Natriumchlorid, Natriumcitrat, Argininhydrochlorid, humanem Fibrinogen (Faktor I) und humanem Thrombin (Faktor IIa).

Es ermöglicht durch seine dreidimensionale Wabenstruktur Elastizität (dehnbar um den Faktor 2,5) sowie seiner hohen Klebefestigkeit (46 mmHg) einen wasserdichten Duraverschluss (s. Abb 3).

TachoSil® ist zudem in situ vollständig resorbierbar und verursacht intradural keine Verklebung der Kaudafasern (Takeda, 2014)

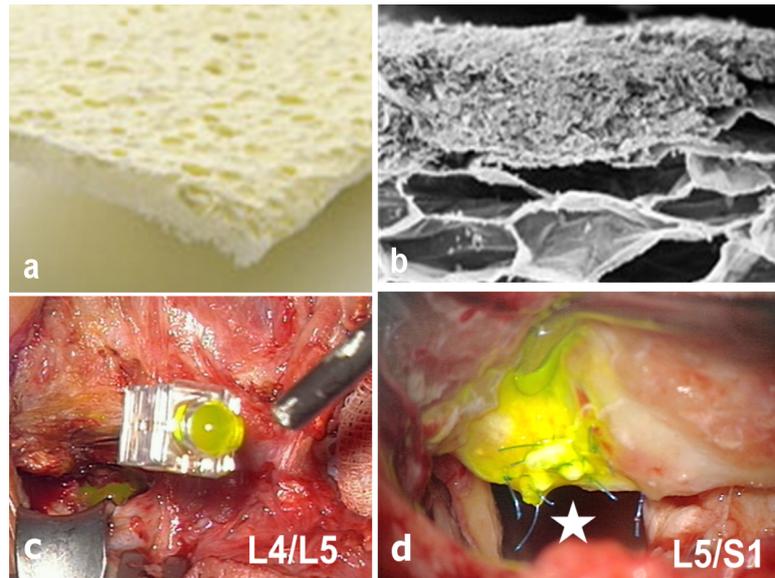


Abb. 3: a) Kollagenvlies TachoSil®. Die gelbe Seite, beschichtet mit Thrombin/Fibrinogen, ist blutstillend und klebend.
 b) REM (1000x) zeigt die Übergangs- Zone zwischen der wabenstrukturierten und der versiegelnden Schicht.
 c) Intraoperativer Situs eines Revisionseingriffes: Es wurde Fluorescein im Segment L4/5 injiziert.
 d) Anlässlich eines Voreingriffes wurde die Duraläsion im Segment L5/S1 mit einem synthetischen Durapatch und einer 7/0 Prolene Naht versorgt. Eine Liquorfistel konnte leider nicht verhindert werden. Ausgeräumtes Bandscheibenfach L5/S1 (weißer Stern).

2.6.2 Nahtmaterial

Zur Versorgung der iDV wird unterschiedliches Nahtmaterial eingesetzt.

Für den Duraverschluss werden nicht resorbierbare monofile Fäden (Prolene®, Johnson & Johnson Medical GmbH, Ethicon Deutschland, Robert-Koch-Str. 1, 22851 Norderstedt, Deutschland) in verschiedenen Fadenstärken benutzt. Üblicherweise in der Fadenstärke zwischen 5/0 und 7/0 (Jankowitz et al., 2009; Shaffrey et al., 1990).

Ein Detail von besonderer Bedeutung ist das Verhältnis zwischen Durchmesser der Nadel und des durchgezogenen Fadens (needle to thread ratio). Bei Standardnähten beträgt das Verhältnis 1,4:1. Dies bedeutet, dass Liquor durch den Stichkanal sickern kann.

Die Konfiguration der Nadel kann optimiert werden (s. Abb. 4).

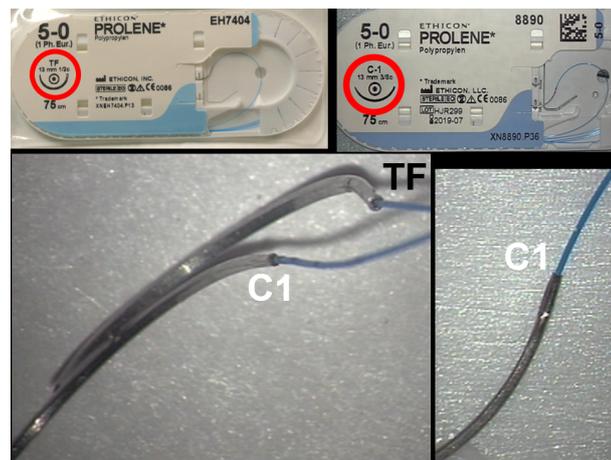


Abb. 4: Hier sind verschiedene Nahtmaterialien und Nadelkonfigurationen (Prolene®, Johnson & Johnson Medical GmbH, Ethicon Deutschland, Robert-Koch-Str. 1, 22851 Norderstedt, Deutschland) dargestellt. Die TF Nadel (links oben) ist eine spitze polierte Rundkörper Nadel mit Radius eines 1/2 Kreises. Die C1 Nadel (rechts oben) ist ebenfalls eine polierte spitze Rundkörpernadel, allerdings mit dem Radius eines 3/8 Kreises. Wichtig ist dies um auf engerem oder weiterem Raum arbeiten zu können. Je mehr die Nadel gebogen ist, desto geringer ist der Radius der gestochen werden kann. Unten links sind beide Nadeln noch einmal im Vergleich. Rechts unten sieht man die needle to thread ratio (1,4 : 1).

Sehr hochwertige gefäßchirurgische Nähte erreichen ein ideales Verhältnis von 1:1, allerdings nur in der Fadenstärke 5/0 (Abb. 5, z.B. TTc-9, Gore-Tex®, USA, W. L. Gore & Associates GmbH, 85640 Putzbrunn, Deutschland).

GORE-TEX® Suture:
The Perfect Close to Your Vascular Procedures

Minimize suture hole bleeding with **1:1 needle to thread ratio**

TTc-9

Needle to Thread Ratio

Thread size:	CV-8	CV-7	CV-6	CV-5	CV-4	CV-3	CV-2
Approx USP size:	7-0	6-0	5-0	4-0	3-0	2-0	0
TTc-7 (1.6:1)	TTc-9 (1.4:1)	TTc-9 (1:1)	TTc-13 (1:1)	TT-17 (1.2:1)	TT-17 (1:1)	TH-26 (1:1)	
TTc-9 (1.9:1)	TTc-12 (1.4:1)	TTc-12 (1:1)	TT-17 (1.2:1)	TH-18 (1.2:1)	TH-18 (1:1)	PH-24 (1:1)	
TTc-13 (2.2:1)	THc-13 (1.6:1)	THc-13 (1.4:1)	THc-13 (1:1)	TH-22 (1.3:1)	TH-26 (1.2:1)	TH-35 (1.2:1)	
PT-9 (1.9:1)	THc-13 (1.6:1)	THc-9 (1:1)	TH-18 (1.2:1)	TH-26 (1.6:1)	TH-35 (1.6:1)	PT-17 (1:1)	
PT-13 (2.2:1)	THc-13 (1.4:1)	THc-13 (1.4:1)	TH-22 (1.7:1)	TH-35 (1.6:1)	PH-17 (1:1)		
	PT-13 (1.6:1)	TH-18 (1.6:1)	TH-26 (1.7:1)	PT-17 (1.2:1)	PH-17 (1:1)		
		PT-9 (1:1)	PT-13 (1:1)	PH-17 (1.2:1)	PH-24 (1.2:1)		
		PT-13 (1.4:1)	PT-17 (1.2:1)	PH-24 (1.6:1)	PH-30 (1.3:1)		
		PH-13 (1.4:1)	PH-13 (1:1)	PH-35 (1.8:1)	PH-35 (1.5:1)		

Abb. 5: Nadel-Fadenkombination mit der optimalen needle to thread ratio von 1:1 (Nadel genauso stark wie der Faden) TTc-9, Gore-Tex®

(Quelle: Gore-Tex®, USA; <https://www.goremedical.com/assets/AM3020-EN3/AM3020-EN3.pdf>, 11.09.2017)

Eine bionische Weiterentwicklung besteht in der „schuppenförmigen“ Struktur der Nadeloberfläche (z.B. Optilene®, Aesculap AG, 78532 Tuttlingen, Deutschland). Die Nadel perforiert die Dura wesentlich effektiver als mit der konventionellen glatt polierten Oberfläche. Die Entwicklung beruht auf der Erkenntnis, dass der Widerstand von Sand auf der geschuppten Haut des Sandfisches (kleine Eidechse, die sich im Wüstensand fortbewegt und lebt) wesentlich geringer ist als auf Plexiglas oder poliertem Metall.

Resorbierbares beschichtetes geflochtenes Nahtmaterial (Vicryl®, Johnson & Johnson Medical GmbH, Ethicon Deutschland, Robert-Koch-Str. 1, 22851 Norderstedt, Deutschland) in verschiedenen Fadenstärken findet in dieser Studie v.a. im Wundverschluss oder in der Anlage der gestielten epiduralen Muskelplastik Verwendung. Das Nahtmaterial löst sich nach 56-70 Tagen vollständig auf (Ethicon, 2015).

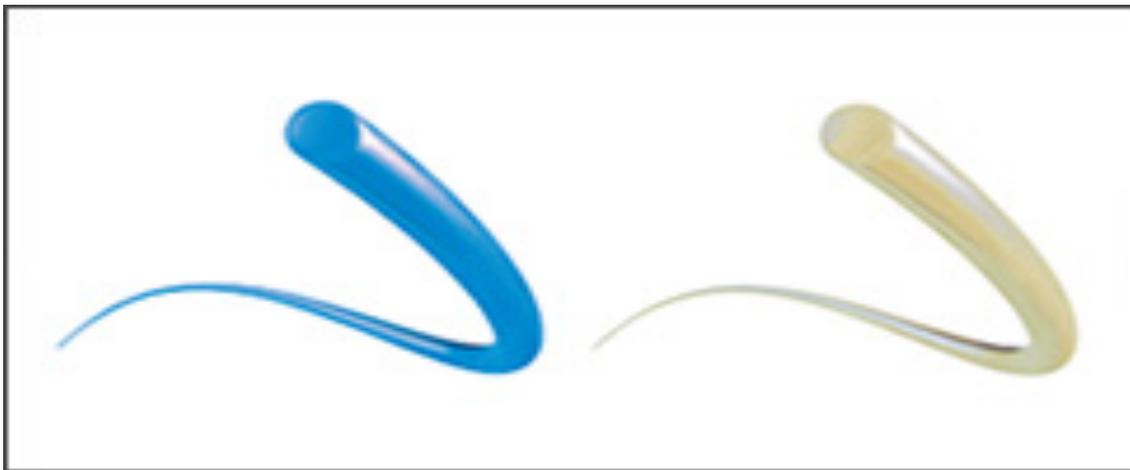


Abb. 6: Beispiel Nahtmaterial Prolene®, Ethicon gefärbt (blau) und nicht gefärbt.

(Quelle: Ethicon, Germany; <http://de.ethicon.com/healthcareprofessionals/UnsereProdukte/Nahtmaterial/Nahtmaterial-nicht-resorbierbar/PROLENE>, 11.09.2017)

2.6.3 Atraumatische (Gefäß-) Clips

Ergänzend zu einer Duranaht oder zu dem beschichteten Kollagenvlies können atraumatische (Gefäß-) Clips der Größen 0,9 mm bis 2,0 mm verwendet werden (z.B. Anasto-Clip, Le Maitre GmbH, 65843 Sulzbach, Deutschland) (Felisati et al., 2008; Keerl et al., 2004; Park et al., 2010). Aufgrund der Tatsache, dass sie atraumatisch sind, perforieren sie die Dura nicht und beugen damit dem Austritt von Liquor vor. Die Clips werden mittels einer Applikationszange platziert, deren Schaft 360° gedreht werden kann. Diese flexible Ausrichtung der Clips ermöglicht deren Einsatz auch zur Versorgung von

iDV bei minimal-invasiven Zugängen, z.B. durch ein Röhrchenspekulum (tubular retractor).

Die vordefinierte Grifflänge beschränkt das Einbringen der Clips allerdings auf normalgewichtige Patienten.

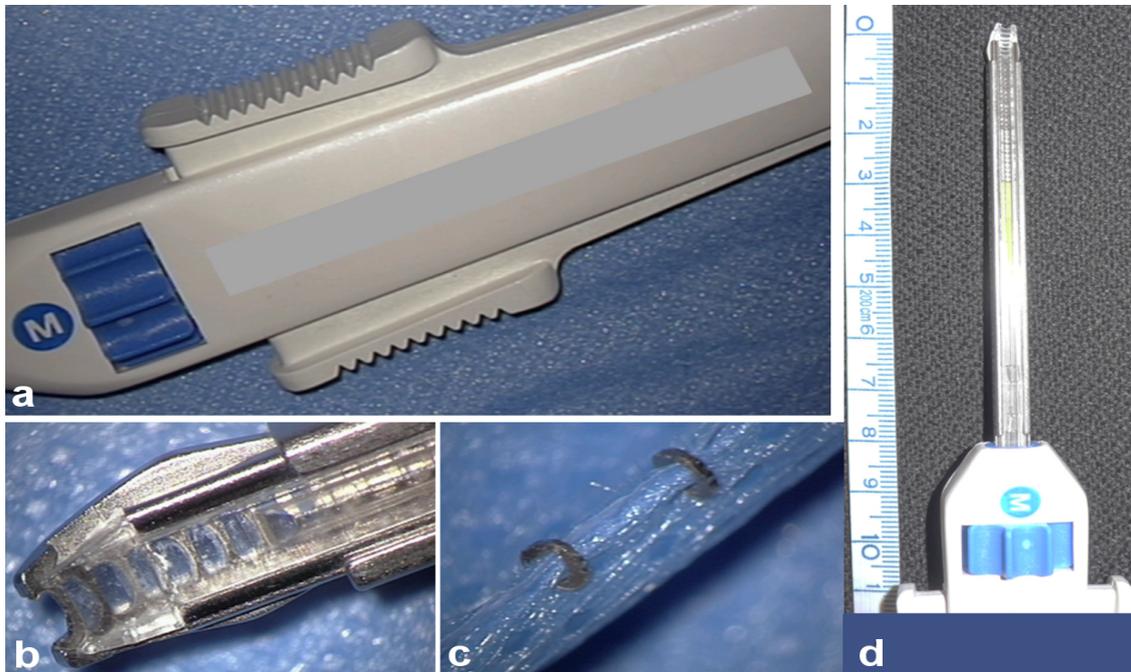


Abb. 7: a) Griff des Clip Applikators (Anasto-Clip, Le Maitre GmbH, 65843 Sulzbach, Deutschland) der Größe M mit einem drehbaren Schaft.
 b) Vergrößerung der Schaft Spitze.
 c) Atraumatische 1,4 mm Clips.
 d) Die Länge des Schaftes beträgt 8 cm und reicht bei adipösen Patienten nicht für eine lumbale Versorgung aus.

2.6.4 Therapieoptionen

Die iDV kann je nach Konfiguration unterschiedlich versorgt werden:

Mittels Naht / Nähten (Jankowitz et al., 2009; Shaffrey et al., 1990), Verwendung von Fibrin-Gewebe-Kleber (Jankowitz et al., 2009; Patel et al., 1996; Shaffrey et al., 1990), Applikation eines epiduralen Blut-Patches, dieses allerdings nur bei äußerst kleinen Läsionen eher i.S. einer Punktionsverletzung oder einem postoperativ entdeckten Liquorleck bzw. einem unklaren Liquorverlustsyndrom (Lauer et al., 1992; Maycock et al., 1994; Vakharia et al., 1997), Verwendung atraumatischer Gefäßclips (Felisati et al., 2008; Keerl et al., 2004; Park et al., 2010), Applikation eines Kunststoffpatches (Weng et al.,

2010), Verwendung von Kollagenvlies (Takeda, 2014) und / oder einer Kombination dieser Methoden (Hodges et al., 1999; Tafazal et al., 2005; Than et al., 2008).

Die postoperative Behandlung sollte beinhalten:

- Bettruhe von 24 bis 48 Stunden in möglichst waagerechter Position, hierdurch kann der Druck der Wassersäule und damit der Druck auf die iDV reduziert werden (Hodges et al., 1999)
- ausreichende medikamentöse Analgesie und Laxantien, um den Auswirkungen des intraabdominellen Druckes auf den Liquordruck und der ehemaligen iDV vorzubeugen
- ggf. die Anlage einer lumbalen externen Liquordrainage kranial der iDV – zur Senkung des Liquordruckes auf die versorgte Dura (Hughes et al., 2006; Kitchel et al., 1989; Shapiro et al., 1992)
- ggf. Nachbeatmung - ebenfalls um den erhöhten Liquordruck bei z.B. Husten und Pressen zu verhindern / reduzieren als ultima Ratio

3. Material und Methoden

3.1 Studiendesign

In dieser retrospektiven Studie wurden bei 4020 LWS-Eingriffen, die im Zeitraum vom 01.01.2007 bis 30.06.2013 in der Klinik für Spinale Chirurgie der Schön Klinik Hamburg Eilbek durchgeführt wurden, Daten über intraoperative Duraverletzungen gesammelt. Es galten die folgenden Ein - bzw. Ausschlusskriterien.

Einschlusskriterien:

- lumbale Operation:
 - mikrochirurgische Entfernung eines Bandscheibenvorfalles
 - mikrochirurgische Dekompression bei Spinalkanalstenose
 - Instrumentation bei mono- / multi-segmentaler Instabilität
 - Revisionseingriffe nach vorheriger lumbaler Operation

- vollständige Duraverletzung (Durchtrennung der Dura mater und der Arachnoidea mit Liquorausstritt)

Ausschlusskriterien:

- Frakturen der LWS
- Tumoren der LWS
- Operationen der Hals- oder Brustwirbelsäule
- Extraforaminale Bandscheibenvorfälle (diese sind selten und es kann intraoperativ nur ausnahmsweise zu einer iDV kommen)

Aus diesen Kriterien ergab sich ein Patientenkollektiv von 179 Patienten mit einer iDV, die mittels 200 Operationen versorgt wurden.

Einige Duraverletzungen wurden direkt intraoperativ entdeckt und versorgt, andere wurden erst postoperativ diagnostiziert und in einem Revisionseingriff behandelt. Zusätzlich gab es einige Patienten mit einer extern durchgeführten Primäroperation, die für eine Revision zu uns verlegt wurden. Dementsprechend waren bei diesen Eingriffen die anatomischen Verhältnisse unbekannt und der Eingriff entsprechend anspruchsvoller.

Die Entscheidung mit welcher Technik eine iDV versorgt wurde, oblag dem jeweiligen Operateur aufgrund seiner Erfahrung. Die Versorgung erfolgte entweder in individueller Operationstechnik (iOT) oder mittels Anwendung des 10 - schrittigen

Behandlungsleitfadens mit dem Akronym BIRD DOVE, MD. Somit ergaben sich zwei Patientengruppen. Die erste Gruppe mit 152 Operationen umfasste eine Versorgung der iDV mittels iOT, d.h. der Operateur operierte aufgrund seiner Erfahrung die vorliegende Befundkonstellation. In der zweiten Gruppe mit 48 Eingriffen wurde vom Operateur der 10 – schrittige Behandlungsleitfaden BIRD DOVE, MD umgesetzt.

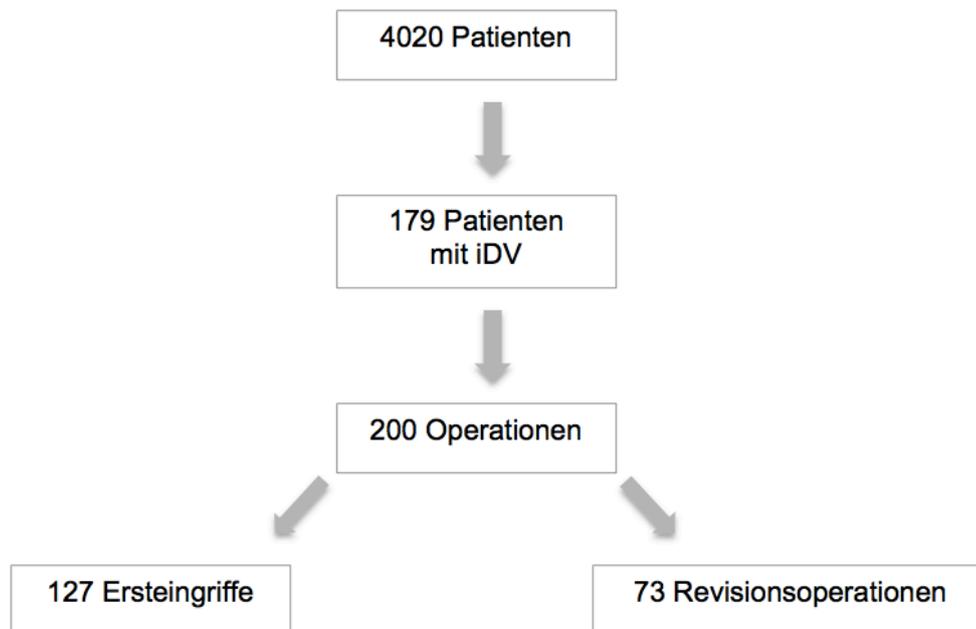


Abb. 8: Zusammensetzung des Patientenkollektivs

In unserer Studie sollten nun folgende Fragen untersucht werden:

- 1) Besteht ein Unterschied in der Quote des erfolgreichen einzeitigen Duraverschlusses zwischen der individuellen Operationstechnik (iOT) und dem Behandlungspfad (BIRD DOVE, MD)?
- 2) Falls ein Unterschied nachweisbar sein sollte, kommt er bei bestimmten Eingriffen besonders zur Geltung? Z.B. Primäreingriffe versus Revisionseingriffe?

3.2 Methoden

3.2.1 Operationstechniken

Die operative Behandlung der degenerativen LWS-Erkrankungen, die zu einer iDV führten, erfolgte durch acht erfahrene Operateure (Chef- und Oberärzte).

Die Dekompression von Spinalkanalstenosen oder die Entfernung von Bandscheibenvorfällen wurden ausschließlich in mikrochirurgischer Technik durchgeführt. Die dorsalen Instrumentationen erfolgten in offener Technik, d.h. es erfolgte ein Längsschnitt in Projektion auf das / die zu operierende/n LWS-Segment/e. Die Muskulatur wurde beidseits abgelöst. Die segmentale Dekompression erfolgte unter Zuhilfenahme eines Mikroskops. Das Einbringen der Pedikelschrauben, der Cages und der Stäbe erfolgte in offener fluoroskopassistierter Technik.

3.2.2 Instrumentarium zur Versorgung einer iDV

Um eine adäquate Versorgung der Duraverletzung zu gewährleisten wird entsprechendes mikrochirurgisches Instrumentarium benötigt. Dieses ist in Abb. 9 dargestellt.

Auch die bereits vorgestellten Instrumente der Abb. 1 können Verwendung finden. Am Ende ist es eine individuelle Entscheidung was für Instrumente der Operateur verwendet.

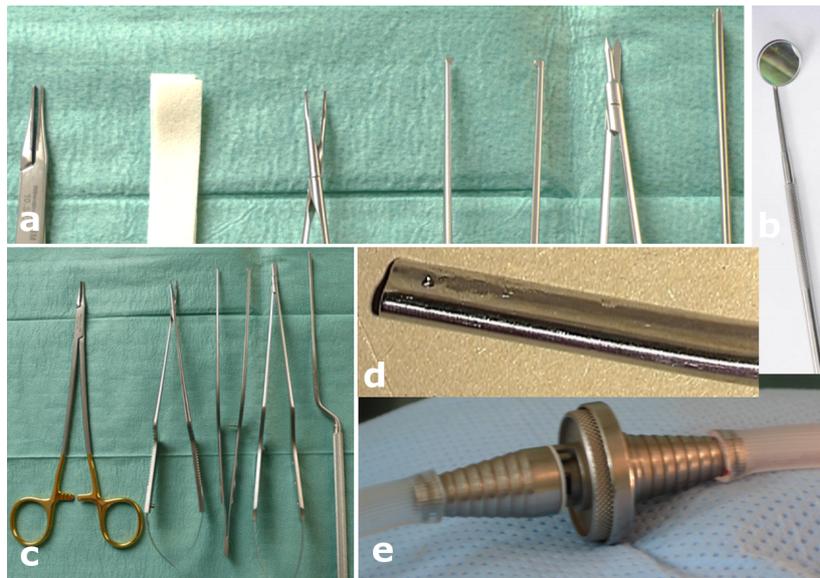


Abb. 9: a) Detailaufnahme der mikrochirurgischen Instrumente, die in c) gezeigt werden.
b) Zahnarztspiegel um ventral gelegene Duraläsionen zu inspizieren.
c) Bajonettförmige Mikroinstrumente für die iDV-Versorgung (von links nach rechts): geschlossener Nadelhalter, offener Nadelhalter, chirurgische Bajonettpinzette, Mikroschere, Knotenschieber.
d) Flachsauger mit kombinierten End- und vorderem Saugloch um neurale Strukturen (z.B. Kaudafasern) vorsichtig manipulieren zu können.
e) Regulier-Ventil im Saugerschlauch um die Saugkraft, in Kombination mit dem im Saugeransatz befindlichem Loch, fein dosieren zu können.

3.2.3 Versorgung der iDV nach dem - BIRD DOVE, MD - Leitfaden

Wenn intraoperativ unerwartet eine iDV auftritt, erlaubt die Beantwortung dieser vier Fragen eine erste Einschätzung der Läsion bevor BIRD DOVE, MD als Versorgungsleitfaden angewendet werden kann:

1. **Wo** (befindet sich die Duraläsion)?

Auf Niveau des Rückenmarks: Das Rückenmark erfordert eine besonders vorsichtige intradurale Inspektion, erleichtert aber die Platzierung eines intraduralen Kollagen-Patches (z.B. TachoSil®) aufgrund des Widerlagers.

Auf Niveau der Kaudafasern: Kaudafasern können besser manipuliert werden, neigen aber dazu Omega – förmig aus dem Duradefekt auszutreten oder angesaugt zu werden.

2. **Lokalisation** der iDV in Bezug auf den operativen Zugang:

Dorsal?

Die günstigste Position der iDV zwecks Versorgung, da sie direkt im Sichtfeld liegt.

Lateral?

Die austretenden Nervenwurzeln können - wie o.g. - eine Duranaht erschweren.

Der epidurale Patch muss u.U. die austretende Nervenwurzel ummanteln.

Ventral?

Die ungünstigste Lokalisation einer iDV. Manchmal gelingt deren Inspektion mit einem Zahnarzt Spiegel (CAVE auf Rückenmarksniveau. Hier darf keine Kompression auf das Rückenmark erfolgen). Alternativ kann ein dorsaler transduraler Zugang erforderlich sein, um die ventral gelegene iDV „von innen“ zu sehen.

Liegt die ventrale iDV über einem ausgeräumten Bandscheibenfach, so sollte dieser nach Versorgung der iDV mit einem gestielten Muskellappen aufgefüllt werden (Gegentamponade).

3. **Wie** ist die iDV beschaffen? (Abb. 10)

Liegt eine Riss-, Schnitt- oder Stanzverletzung vor?

Wie groß ist die Duraverletzung?

Handelt es sich möglicherweise um einen Dura - Defekt?

In diesem Fall existiert ein Teil der Dura nicht mehr und muss durch einen Patch ersetzt werden.

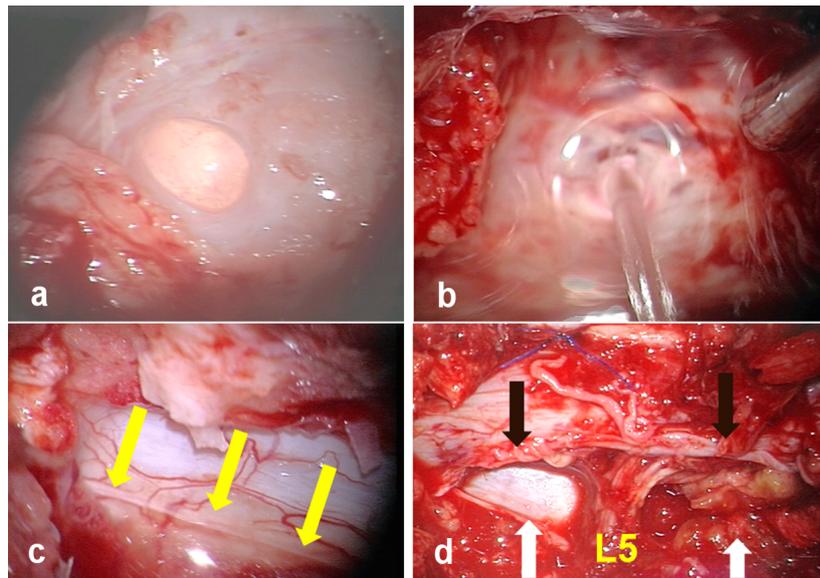


Abb. 10: a) Duraläsion nach Berührung der Dura mit einer Diamantfräse. Die Arachnoidea ist noch erhalten, daher kein Liquorfluss. Im Jargon: „Perle“ oder „Froschaug“. Diese Verletzungen wurden auf Grund des fehlenden Liquorflusses in unserer Studie nicht berücksichtigt und wurden hier der Vollständigkeit halber rein exemplarisch aufgeführt.
 b) Zirkulärer Duradefekt: mit Liquoraustritt unter Druck. In der Tiefe schimmern Kaudafasern durch.
 c) Eine durale Schlitzverletzung (gelbe Pfeile) nach Stanzenbiss und ausgeübten Zug.
 d) Großer dorso (schwarze Pfeile) – lateraler (weiße Pfeile) Dura-Defekt durch Rosenfräse mit freiliegender L5 – Nervenwurzel.

4. Was ist beteiligt?

Nur die Dura, ausgetretene Nervenfasern oder ödematöses Rückenmark?

(Abb. 11)

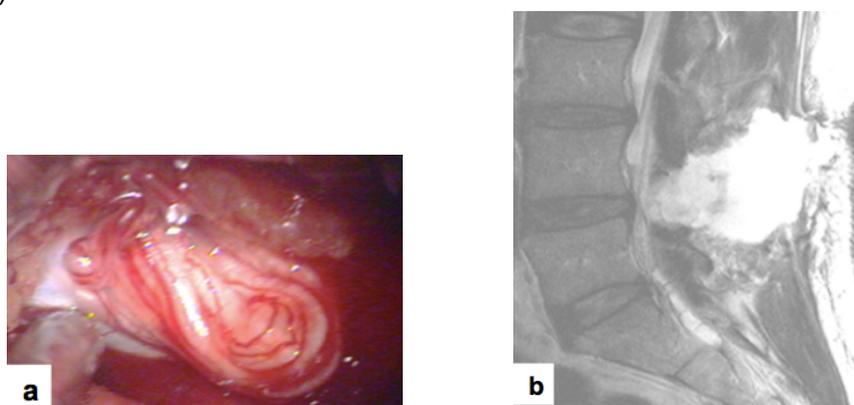


Abb. 11: a) IDV mit austretenden Kaudafasern. Die Form erinnert an ein Omega (Ω).
 b) T2 gewichtetes sagittales MRT: der ausgetretene Liquor füllt den gesamten operativen Zugangsweg aus.

Die operative Behandlung der intraoperativen iDV erfordert spezifische Mikroinstrumente und Hilfsmittel. Der Einsatz eines Mikroskops ist zwingend zu empfehlen. Notfalls kann auch mit einer Stirnlampe und Lupenbrille gearbeitet werden (Caspar, 1977).

Die Auswahl an Instrumenten (Abb. 1, Abb. 9) und den Hilfsmitteln (Abb. 3, Abb. 4, Abb 7.) ist abhängig von der Erfahrung und den Vorlieben des Operateurs.

Sind diese vier Fragen abgearbeitet kann das BIRD DOVE, MD Schema angewendet werden. BIRD DOVE, MD steht für folgende Checkliste, die zehn Schritte beinhaltet, um die strukturierte Versorgung einer iDV zu ermöglichen.

Um sich die zehn Punkte besser merken zu können, sind sie in dem Akronym BIRD DOVE, MD zusammengefasst.

BIRD DOVE, MD

1. **B** one removal until you see the whole dural tear
2. **I** ntradural look
3. **R** epone the fibers
4. **D** o an inside patch, if necessary
5. **D** ural closure
6. **O** utside patch
7. **V** alsalva maneuver (PEEP 40 cm H₂O)
8. **E** pidural pedicled muscle flap
9. **M** ultilayer closure
10. **D** rainage of lumbar CSF, if necessary



Abb. 12: Die zehn Punkte der Checkliste „BIRD DOVE, MD“

Im Folgenden werden die zehn Schritte spezifiziert:

Einige der Schritte (z.B. 4 und 10) sind optional und deren Umsetzung ist abhängig von der Beschaffenheit der Duraläsion.

1. Bone removal until you see the whole dural tear

(Knochenentfernung bis zur vollständigen Darstellung der Duraläsion)

Dura - Verletzungen können durch knöcherne Strukturen verdeckt werden. Werden diese nicht vollständig abgetragen, kann das gesamte Ausmaß der iDV nur unzureichend eingeschätzt werden. Aufgrund unserer Erfahrung ist dieser Sachverhalt einer der häufigsten Gründe einer misslungenen Dura Versorgung.

Wenn es notwendig wird, muss der knöcherne Zugang vergrößert werden (Abb. 13).

In Bild 13 wird eine Duraläsion infolge eines Stanzenbiss gezeigt.

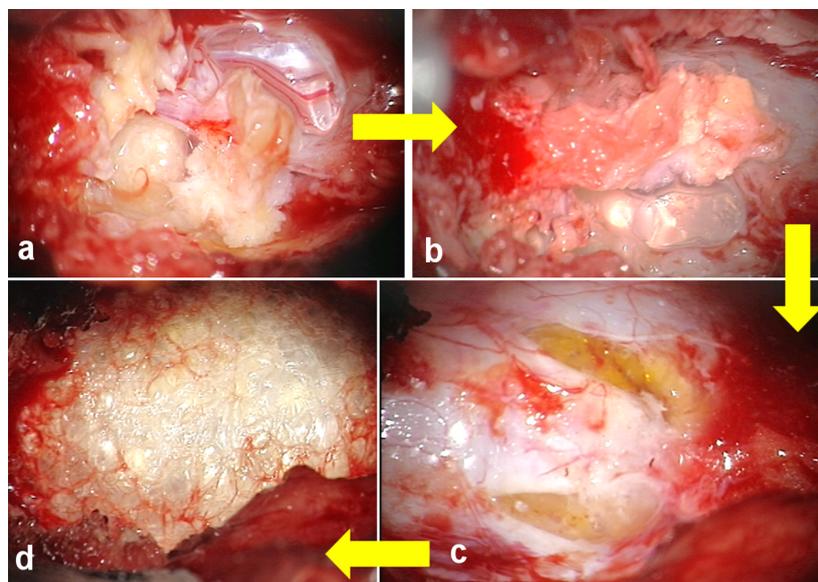


Abb. 13: a) Komplexe Duraläsion durch ein scharfes Instrument: Knochen, Lig. flavum, Duralsack und Kaudafasern sind nicht sicher voneinander zu unterscheiden.

b) Nach partieller Knochenentfernung (immer von der intakten Peripherie hin zur Duraverletzung arbeiten!) kommt eine V-förmige Duraverletzung zum Vorschein.

c) Nach weiterer Knochenentfernung stellen sich die Grenzen der Duraverletzung dar. Nach intraduraler Inspektion und nach Reposition der Kaudafasern wurde ein intradurales Kollagenvlies platziert.

d) Die Dura wird zusätzlich mit einem epiduralen Kollagenvlies bedeckt. Es folgt die Anfertigung eines gestielten Muskellappens (hierzu siehe Abb. 15).

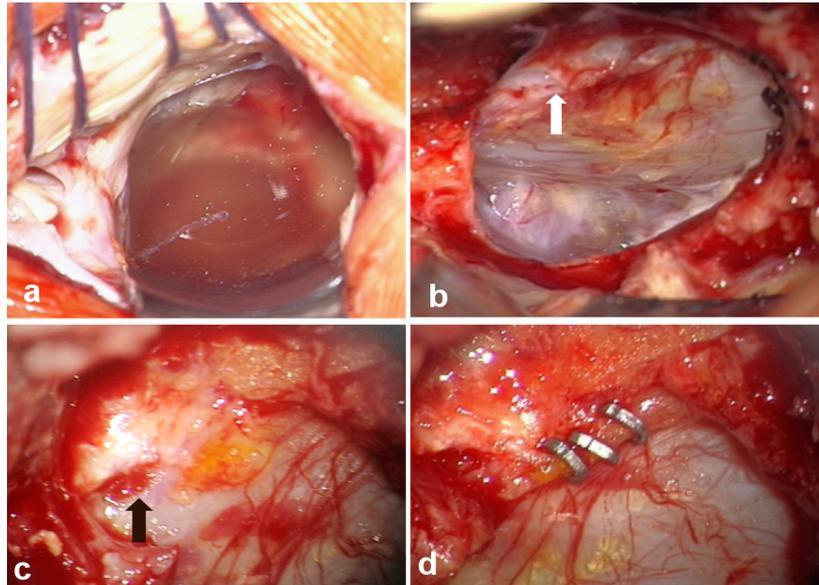


Abb. 14: a) Drei Tage nach der translaminären Entfernung eines Bandscheibensequesters L4 / 5 rechts, entwickelte der Patient eine klinisch relevante Liquoristel. Intraoperativer Situs nach Eröffnung der Faszie.
b) Nach Absaugen des Liquors stellt sich eine kleine Duraläsion (weißer Pfeil) dar, welche während der Erst-OP nicht aufgefallen war.
c) Bildvergrößerung
d) Aufgrund des kleinen Zugangs mittels eines Röhren-Retraktors, wurde die Läsion mittels drei atraumatischer Clips verschlossen. Es wurde bewusst zusätzlich etwas epidurales Fett erfasst.

2. Intradural look

(Intradurale Inspektion)

Dieser Schritt ist besonders bei traumatischen Verletzungen wichtig, bei denen die Duraverletzung mit möglichen intraduralen Knochenfragmenten oder Hämatomen einhergehen kann. Beides sollte vollständig entfernt werden.

Bei iDV mit einem scharfen Instrument und Faserdurchtrennung sollte eine Adaptation der Faszikelenden versucht werden.

Dies kann nur durch eine intradurale Kontrolle gesichert werden und die notwendige Versorgung erfolgen.

3. Repone the fibers

(Reponieren ausgetretener Nervenfasern / -wurzeln)

Kommt es zum Austritt von Kaudafasern aus der Duraverletzung, so müssen diese vorsichtig rückverlagert werden. Die Verwendung von kleinen Tupfern und fein einstellbaren Saugern (Abb. 9 d und e) kann hilfreich sein.

4. Do an inside patch, if necessary

(Einbringen eines intraduralen Patches, falls erforderlich)

Wann immer eine Duraverletzung mit Austritt von Liquor assoziiert ist, empfiehlt sich dieser Schritt. Sind die Kaudafasern sicher reponiert, erfolgt die intradurale Abdichtung der Duraöffnung mit TachoSil®. Die blutstillende und versiegelnde Seite des Kollagenvlieses (gelb, aufgrund des Riboflavins) soll in Richtung der Dura zeigen.

Bei dem Zuschneiden des Patches muss darauf geachtet werden, dass sein Durchmesser ca. 2 mm größer als der Durchmesser der Verletzung ist. Hierdurch überlappt der Patch den inneren Durarand und der sichere Halt des Patches wird gewährleistet (Takeda, 2014).

Die Vorteile der intraduralen Versorgung mit Patch sind:

- Das Rückenmark und/oder die Kaudafasern werden durch den Patch während des weiteren Duraverschlusses (z.B. Naht / Clipping) geschützt.
- Die Pulsation des Liquors presst den Patch gegen die Innenfläche der Dura und erhöht dadurch den versiegelnden Effekt des intradural applizierten Vlieses.

5. Dural closure

(Verschluss der Dura)

Dieser Schritt wurde inklusive sämtlicher Möglichkeiten bereits ausführlich in der Literatur beschrieben und obliegt der Entscheidung des Operateurs.

Die Naht der ersten Wahl ist jene mit einem „Nadel zu Faden Verhältnis“ von 1:1 (z.B. Goretex 5/0). Ansonsten empfehlen wir - eine Naht mit monofilem Faden (z.B. Prolene®, Ethicon; Optilene®, Aesculap etc.) der Stärken 5/0 bis 7/0. Bei sehr kleinen Zugängen, können atraumatische Clips, wie sie bei Gefäßanastomosen verwendet werden, mittels eines drehbaren Applikators eingebracht werden (AnastoClip™ VCS®, LeMaitre Inc., USA (Abb. 7) (Felisati et al., 2008; Keerl et al., 2004; Than et al., 2008).

Im Falle eines Duradefektes kann die Deckung mittels Duraersatzstoff (z.B. DuraGen®, Integra Life Sciences Corp., USA) oder Faszien-Transplantat erzielt werden.

Bei Dura-Stichläsionen ist üblicherweise keine Naht erforderlich.

6. Outside patch

(Applikation eines epiduralen Patches)

Ist die Dura verschlossen, erfolgt die epidurale Applikation von TachoSil®.

Die Grenzen der Duraläsion großzügig überlappend, wird das TachoSil® mit der gelben Seite auf die Dura geklebt.

Alternativ ist eine epidurale Versiegelung mittels Fibrinkleber (z.B. Tisseel®, Baxter Deutschland GmbH Medication Delivery, Edisonstrasse 4, 85716 Unterschleißheim, Deutschland, etc.) möglich. Allerdings wurde hierbei in der Literatur über Fälle von epiduraler Kompression mit Schädigung der Kaudafasern berichtet (Epstein, 2010; Jankowitz et al., 2009; Mulder et al., 2009).

7. Valsalva maneuver

(Valsalva Manöver)

Um die Liquordichtigkeit der bisherigen Versorgung zu überprüfen, wird ein Valsalva Manöver durchgeführt. Der positive endexpiratorische Druck (PEEP) wird auf 40 cm H₂O erhöht und für 30 Sekunden auf diesem Niveau gehalten. Wenn kein Liquor austritt, gilt die Versorgung der Duraläsion als ausreichend.

Dieser Test kann ggf. zusätzlich mit der intrathekalen Injektion von Fluorescein, ein Segment oberhalb der iDV, optimiert werden: in diesem Fall sollte keine grün-gelblich gefärbte Flüssigkeit mehr aus der versorgten iDV austreten (Cammisa et al., 2000; Eismont et al., 1981; Hodges et al., 1999; Khan et al., 2006).

8. Epidural pedicled muscle flap

(Anlage eines epiduralen gestielten Muskellappens)

Dieser Schritt ist äußerst wichtig! Sogar wenn alle vorherigen Schritte suboptimal durchgeführt wurden, kann eine sanfte epidurale Tamponade (keine Kompression!) mittels Muskelgewebe den Ausfluss von Liquor in den Totraum des operativen Zugangsweges verhindern.

In Abb. 15 wird die Präparationstechnik eines gestielten Muskellappens der paravertebralen Rückenmuskulatur dargestellt. Damit der Muskellappen nicht durch das Gehen exzessiv bewegt wird, sollte er mittels Naht am Dornfortsatz in Nähe der iDV fixiert werden. Neben der korrekten epiduralen Platzierung des Muskellappens ist es wichtig, dass dieser breitbasig und gestielt ist, also seine Durchblutung gewährleistet ist. Dies verhindert eine Nekrose und Resorption des Lappens, welche wiederum zu einer Totraumbildung (Than et al., 2008) führen würde.

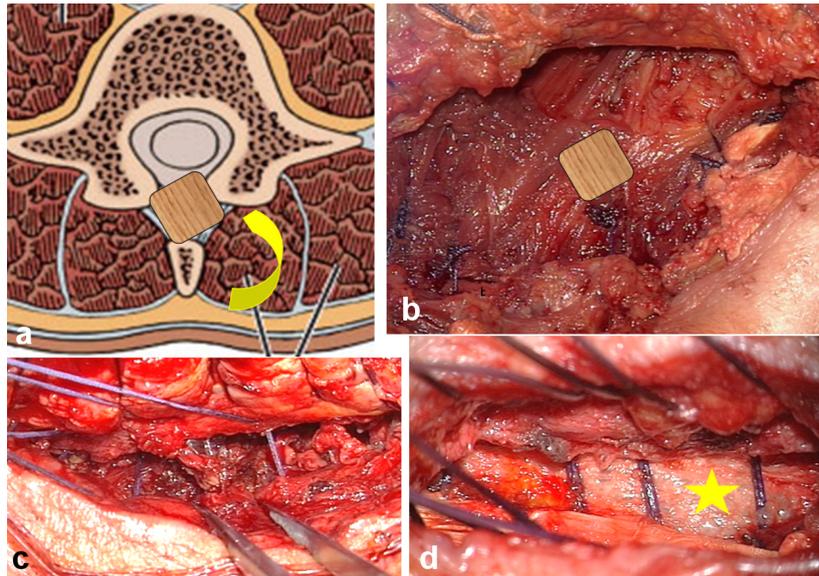


Abb. 15: Anfertigen des gestielten epiduralen Muskellappens:

- a) Ein etwa 4 cm breiter und 2 cm dicker paravertebraler Muskelstreifen wird basalwärts zum Gelenk gestielt und in den epiduralen Hohlraum (braunes Quadrat) geschwenkt (gelber Pfeil). Mit dem Zeigefinger wird er vorsichtig gegen den Duralsack adaptiert. Es wird die vollständige Tamponade des interlaminären Zuganges angestrebt.
- b) Der Muskellappen füllt den epiduralen Raum (braunes Quadrat) aus.
- c) Die paravertebrale Muskulatur wird mit tiefen Nähten an einem Dornfortsatz verankert.
- d) Oberflächliche Fasziennähte; darunter ein TachoSil® - Vlies (gelber Stern) als zusätzliche Barriere, um einen möglichen Liquorfluss subfaszial zu begrenzen.

9. Multilayer closure

(Mehrschichtiger Wundverschluss des OP Situs)

Eine Minimierung des Totraumes erfolgt mittels tiefer durchgreifender Nähte, die auch die Dornfortsätze perforieren können. Unseres Erachtens nach kann eine subfasziale Drainage vermieden werden (Wang et al., 1998). Die Einlage einer epifaszialen Drainage obliegt jedoch dem Operateur. Oberflächliche Schichten werden mit einzelnen

Rückstichnähten verschlossen. Mit einem sterilen Kompressionsverband wird das Zusammenhaften der Wundränder in den ersten postoperativen Stunden erhöht.

10. Drainage of lumbar CSF (Liquor), if necessary

(Anlage einer externen lumbalen Liquordrainage, falls erforderlich)

In der Versorgung von primären iDV ist die Anlage einer externen lumbalen Liquordrainage eher die Ausnahme.

Bei der Revision einer zuvor mehrmals erfolglos versorgten Liquorfistel gewährleistet die externe Liquordrainage einen Liquorunterdruck bis sich der intraoperative Situs durch Fibrinauflagerungen verklebt (Hughes et al., 2006; Kitchel et al., 1989; Shapiro et al., 1992).

Wir bevorzugen eine kurze (3 – 5 tägige), aber intensive (erträglicher Kopfschmerz, 300 – 500 ml/Tag) Drainage.

Die postoperative Nachbeatmung bis zum Folgetag kann eine unterstützende Maßnahme sein, um den PEEP und den intraabdominellen Druck zu kontrollieren.

Nachbehandlung:

Flache (waagerechte) Bettruhe:

Je nach intraoperativem Befund zwischen 24 und 48 Stunden. Bei angelegter Lumbaldrainage kann diese individuell verlängert werden, um einen konstant niedrigen Liquordruck zu gewährleisten. Der Druck auf die iDV wird hierdurch reduziert (Hodges et al., 1999).

Intraabdomineller Druck:

Eine suffiziente Analgesie und Stuhlweichmacher sollen seine Erhöhung verhindern, da sich diese unmittelbar auf den Liquordruck auswirkt.

Nachbeatmung:

Nach komplexer Versorgung einer Liquorfistel kann über die kontrollierte Nachbeatmung auf der IMC / ITS eine optimale Kontrolle des Liquordrucks gewährleistet werden (Ultima Ratio)(Wilhelm, 2013).

3.3 Statistische Analyse

Die Auswertung der Daten erfolgte auf einem IBM kompatiblen Apple Mac Rechner unter dem Betriebssystem OSX Mavericks (Apple One Apple Park Way, Cupertino, California 95014, USA)

Die Berechnung der Gesamtwerte in den unterschiedlichen Gruppen erfolgten mit dem Programm Microsoft Excel für Mac 2011 (Microsoft Corporation, One Microsoft Way, Redmond, WA 98052-6399, USA), sowie dem Statistik Programm IBM Statistics SPSS 22 (IBM Deutschland GmbH, IBM-Allee 1, 71139 Ehningen).

Statistisch signifikante Korrelationen wurden mit dem exakten Test nach Fisher geprüft.

Bei einem $p < 0,05$ wurde von einem statistisch signifikanten Unterschied ausgegangen.

Das Literaturverzeichnis wurde unter Zuhilfenahme von EndNote X7 (Clarivate Analytics, 22 Thomson Place, 36T3 Boston, MA 02210, USA) erstellt.

3.4 Zusammenfassung 2

In dieser retrospektiven Studie wurde bei 4020 lumbalen Wirbelsäulen-Eingriffen (01.01.2007 - 30.06.2013) die Versorgung von intraoperativen Duraverletzungen (iDV) mit Liquoraustritt untersucht.

179 Patienten mit iDV wurden mittels 200 Operationen versorgt, die sich in 2 Gruppen aufteilten.

Die erste Gruppe von 152 Operationen umfasste eine Versorgung der iDV mittels individueller Operationstechnik, d.h. der Operateur operierte aufgrund seiner Erfahrung mit dieser Befundkonstellation.

In der zweiten Gruppe mit 48 Eingriffen wurde vom Operateur der Behandlungsleitfaden BIRD DOVE, MD umgesetzt. Dieser umfasst zehn Schritte, die zu einer strukturierten Versorgung einer iDV notwendig sind.

Die Häufigkeit des erfolgreichen Verschlusses der iDV bzw. der Liquorfistel in einer einzigen Operation wurde statistisch mittels Microsoft Excel für Apple MAC 2011 (Microsoft Corporation, One Microsoft Way, Redmond, WA 98052-6399, USA) und IBM Statistics SPSS 22 (IBM Deutschland GmbH, IBM-Allee 1, 71139 Ehningen) ausgewertet und verglichen.

Das Literaturverzeichnis wurde unter Zuhilfenahme von EndNote X7 (Clarivate Analytics, 22 Thomson Place, 36T3 Boston, MA 02210, USA) erstellt.

4. Ergebnisse

4.1 Patientenkollektiv

Bei 4020 Patienten, die sich einem lumbalen Eingriff unterzogen, trat bei 179 (4,5%) eine iDV auf. Zur Versorgung der 179 iDV waren insgesamt 200 Operationen erforderlich.

Die iDV waren vollständig, d.h. auch die Arachnoidea mater war durchtrennt und es kam immer zu einem Liquorfluss (s. Abb. 10 b-d).

Das Patientenkollektiv setzte sich aus 76 Männern (42%) und 103 Frauen (58%) zusammen.

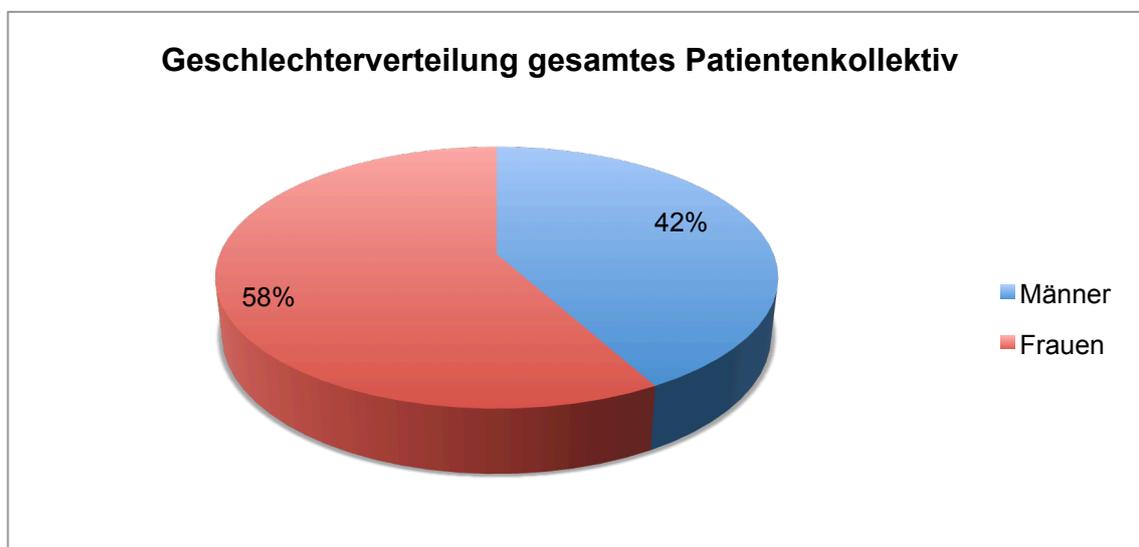


Abb. 16: Geschlechterverteilung gesamtes Patientenkollektiv

Das Durchschnittsalter zum Operationszeitpunkt betrug 64,49 Jahre. Der jüngste Patient war zum Zeitpunkt der Operation 26 Jahre, der Ältteste 91 Jahre, alt. Diese waren auch gleichzeitig die Ober- und Untergrenze der Altersverteilung beider Gruppen.

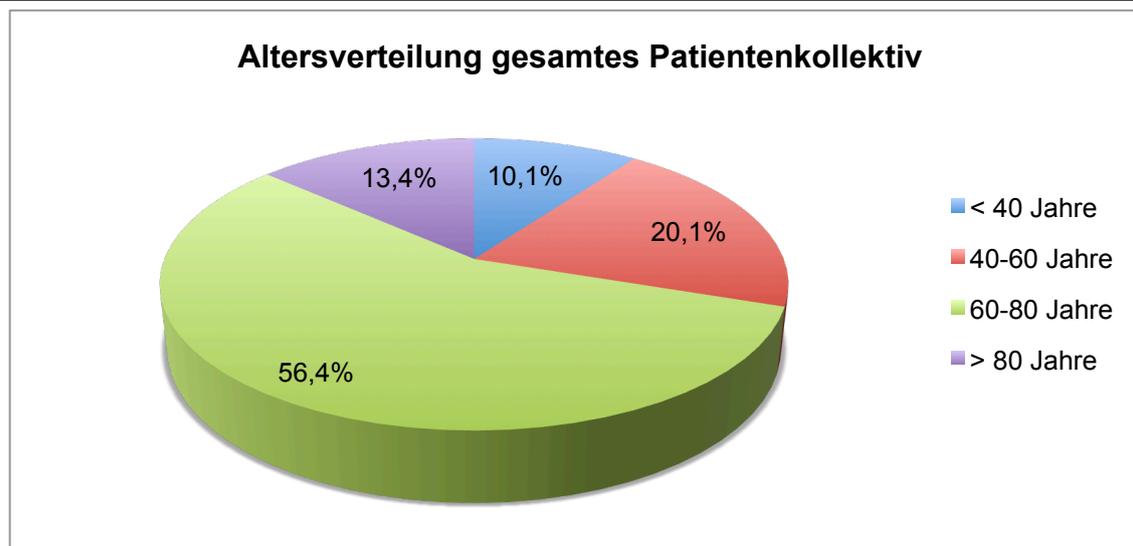


Abb. 17: Altersverteilung des gesamten Patientenkollektivs

Der Schwerpunkt der Altersverteilung lag mit insgesamt 56,4% der Gesamtpatientenzahl in der Altersgruppe der 60 – 80 -jährigen Patienten, was einer Patientenzahl von 101 Patienten entspricht.

Gefolgt wird dies durch die Gruppe der 40 – 60 - jährigen Patienten mit einer Zahl von 36 Patienten. Dies entspricht einem prozentualen Anteil von 20,1%.

24 Patienten waren zum Zeitpunkt des operativen Eingriffes älter als 80 Jahre (13,4%) und 18 Patienten waren jünger als 40 Jahre (10,1%).

Die durchgeführten 200 Operationen lassen sich in 127 Ersteingriffe und 73 durchgeführte Revisionen unterteilen.

Die Ersteingriffe verteilten sich wiederum mit 20 Eingriffen auf die Gruppe BIRD DOVE, MD und mit 107 Eingriffen auf die iOT Behandlungsgruppe. Das (Miss)Verhältnis von 1:5 beeinflusste die statistische Vergleichbarkeit der beiden Gruppen.

Die 73 Revisions-Eingriffe teilten sich in 28 in der BIRD DOVE, MD Gruppe und 45 in der iOT Gruppe auf.

Verteilung aller Operationen auf Behandlungsgruppen			
Gruppe	Ersteingriffe	Revisionseingriffe	Gesamtanzahl
BIRD DOVE	20	28	48
iOT	107	45	152
Gesamt	127	73	200

Tab. 1: Verteilung aller Eingriffe auf die Behandlungsgruppen

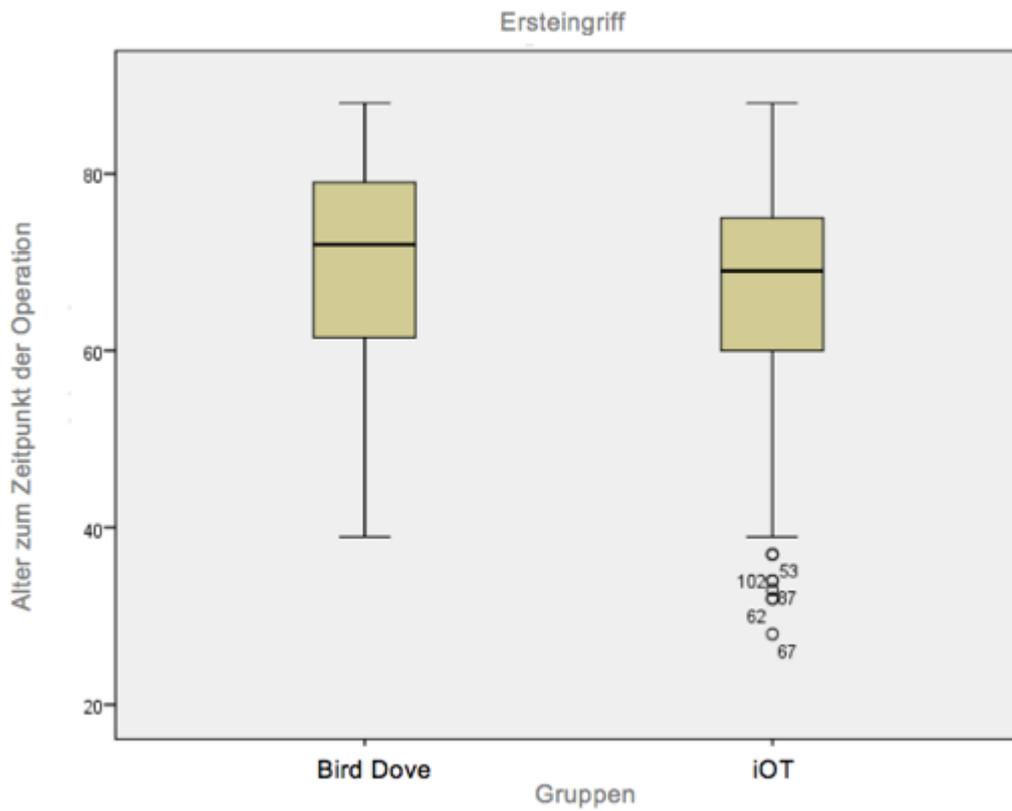


Abb. 18: Boxplot Altersverteilung bei Ersteingriffen

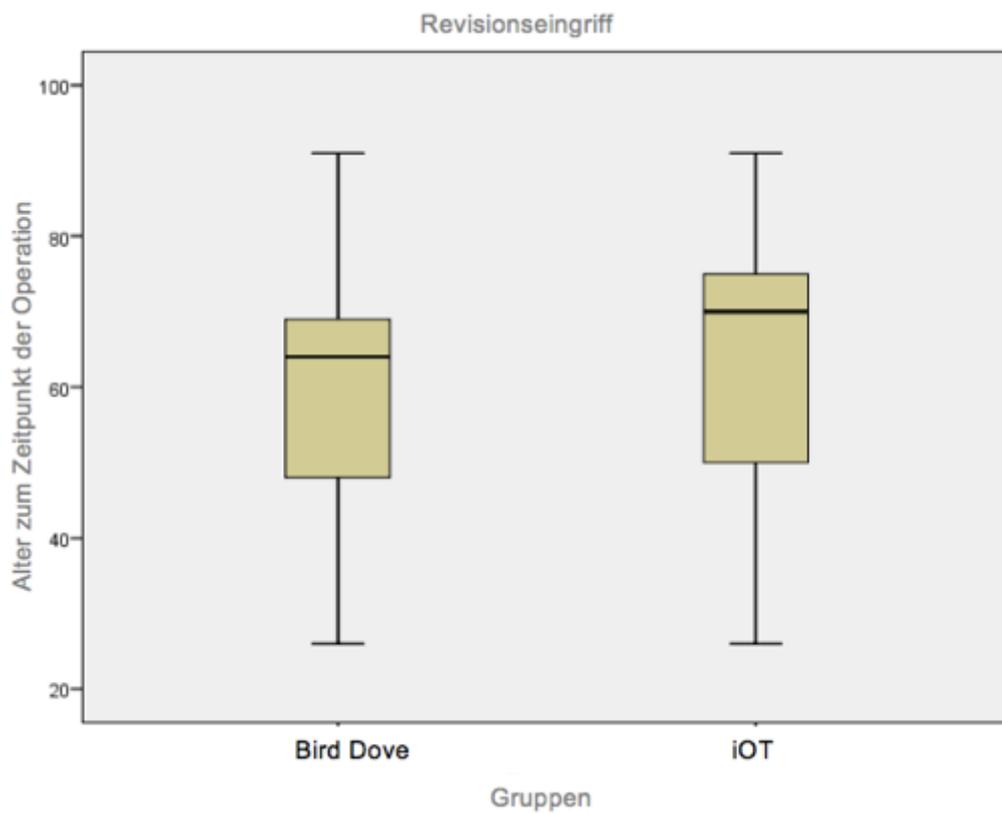


Abb. 19: Boxplot Altersverteilung bei Revisionseingriffen

Die 200 Operationen bei denen eine iDV auftrat, setzten sich aus den folgenden verschiedenen Eingriffen zusammen (Abb. 20):

- 25 Nukleotomien (12,5%)
- 68 Dekompressionen bei Spinalkanalstenose (34%)
- 73 Revisionseingriffe (61 Revisionen (30,5%) von hausinternen Primäreingriffen; 12 Revisionen von extern (6%))
- 20 monosegmentale Instrumentationen (10%)
- 12 multisegmentale Instrumentationen (6%)
- 2 weitere Operationsverfahren (1%).

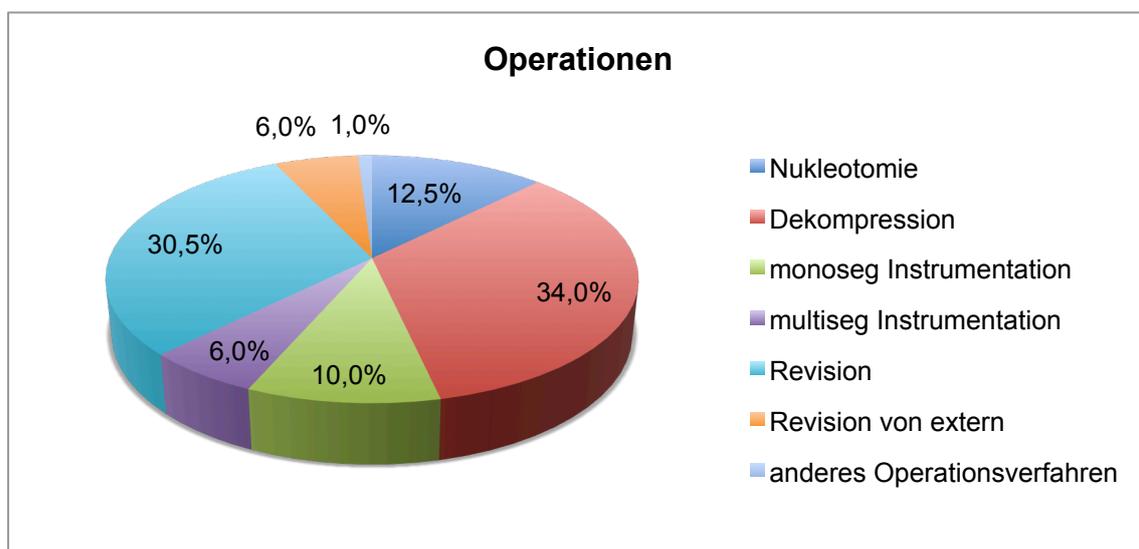


Abb. 20: Zusammensetzung aller durchgeführten Operationen

(Revision von extern: Patienten mit bestehender Liquorfistel, die zur operativen Behandlung eingewiesen wurden)

Der Unterschied zwischen Ersteingriffen und Revisionseingriffen bezüglich des operativen Schwierigkeitsgrades ist erheblich. Bei Revisionseingriffen sind die Bedingungen aufgrund von Narbenbildung, einer veränderter Anatomie, insuffizienten Gewebeerhältnissen und / oder vorangegangenen Komplikationen deutlich erschwert. Insgesamt betrug in dieser Studie der Revisionsanteil an der Gesamtanzahl der durchgeführten Operationen 36,5%.

4.1.1 Patientenkollektiv mit iOT Behandlung

Das Patientenkollektiv, welches mit der iOT behandelt wurde, bestand aus 143 Patienten. Insgesamt wurden in diesem Kollektiv 152 Operationen durchgeführt. Das Kollektiv bestand aus 61 Männer (43%) und 82 Frauen (57%).

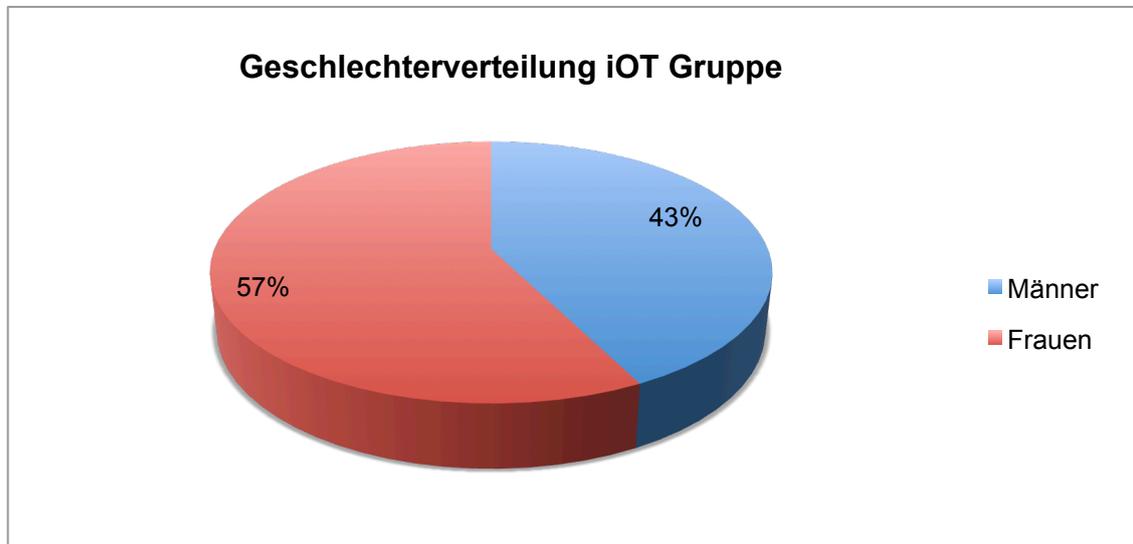


Abb. 21: Geschlechterverteilung der iOT-Gruppe

Die Altersverteilung lag mit einem Schwerpunkt in der Gruppe der 60 – 80 -jährigen Patienten. Hier wurden 82 Patienten behandelt, was 57,3% des Kollektivs ausmachte. 27 Patienten (18,9%) gehörten zu der Gruppe der 40 – 60- Jährigen. In der Gruppe der unter 40 - Jährigen wurden 15 Patienten (10,5%) behandelt und in der Gruppe der über 80 - Jährigen waren es 19 Patienten (13,3%).

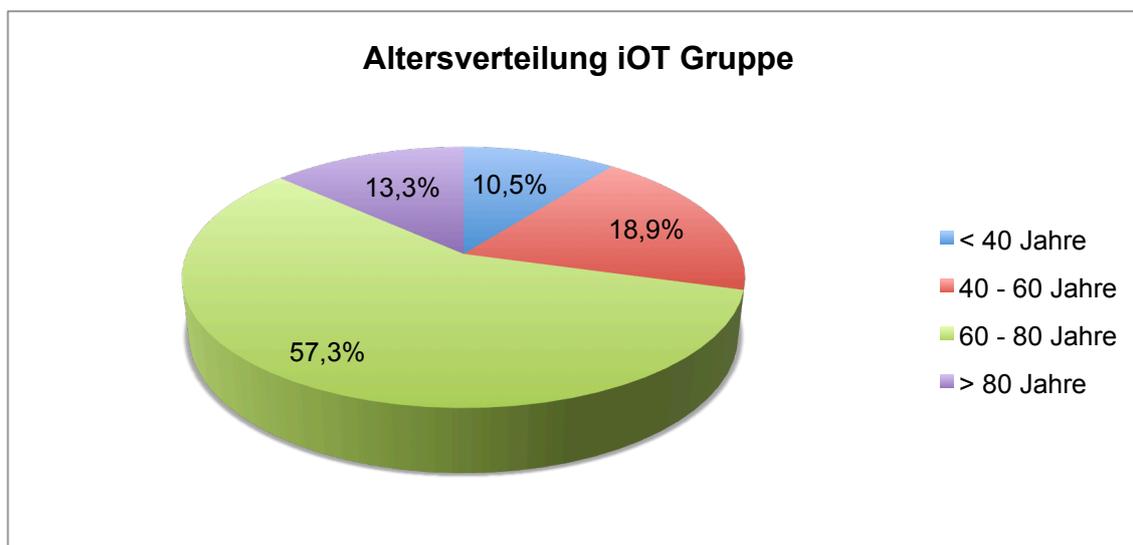


Abb. 22: Altersverteilung der Patienten in der iOT Behandlungsgruppe

Der jüngste Patient dieser Gruppe war 26 Jahre alt und der Älteste 91 Jahre. Das durchschnittliche Lebensalter zum Operationszeitpunkt betrug 64,58 Jahre.

Es wurden 107 Patienten mit einer iDV während des Ersteingriffes versorgt. Bei 11 Patienten war die Primärversorgung nicht erfolgreich und es erfolgte ein Zweiteingriff. Hieraus ergibt sich eine prozentuale Revisionsrate von 10,3%.

Die Gruppe der Revisionseingriffe mit iDV umfasste 44 Patienten mit 45 Eingriffen. Die Patientenzahl setzt sich hier aus 36 Patienten zusammen, die direkt einen Revisionseingriff nach iOT erhielten und 8 Patienten, bei denen nach bereits erfolgter iOT als Ersteingriff ein Revisionseingriff in iOT durchgeführt wurde. Von dieser Gruppe benötigten 9 Patienten eine zweite Operation bzw. Revision, um die iDV erfolgreich zu verschließen. Die Revisionsrate betrug in diesem Fall 20%.

Fasst man beide Gruppen zusammen, ergab sich in der iOT Gruppe eine Gesamtrevisionsrate von 13,2%.

Patientenkollektiv iOT				
Eingriff	Op Anzahl	Patientenanzahl	Revision notwendig (Patientenanzahl)	Revisionen in Prozent
Ersteingriff	107	107	11	10,3%
Revisionseingriff	45	44	9	20%
Gesamt	152	143	20	13,2%

Tab. 2: Eingriffe im iOT Patientenkollektiv

Die operativen Eingriffe der iOT-Gruppe verteilten sich wie folgt:

- 22 Nukleotomien (14,5%)
- 55 Dekompressionen bei SKS (36,2%)
- 35 Revisionseingriffe (23%)
- 10 Revisionseingriffe (6,6%), die von extern in die Klinik für Spinale Chirurgie zur Versorgung verlegt wurden
- 19 monosegmentale Instrumentationen (12,5%)
- 11 multisegmentale Instrumentationen (7,2%).

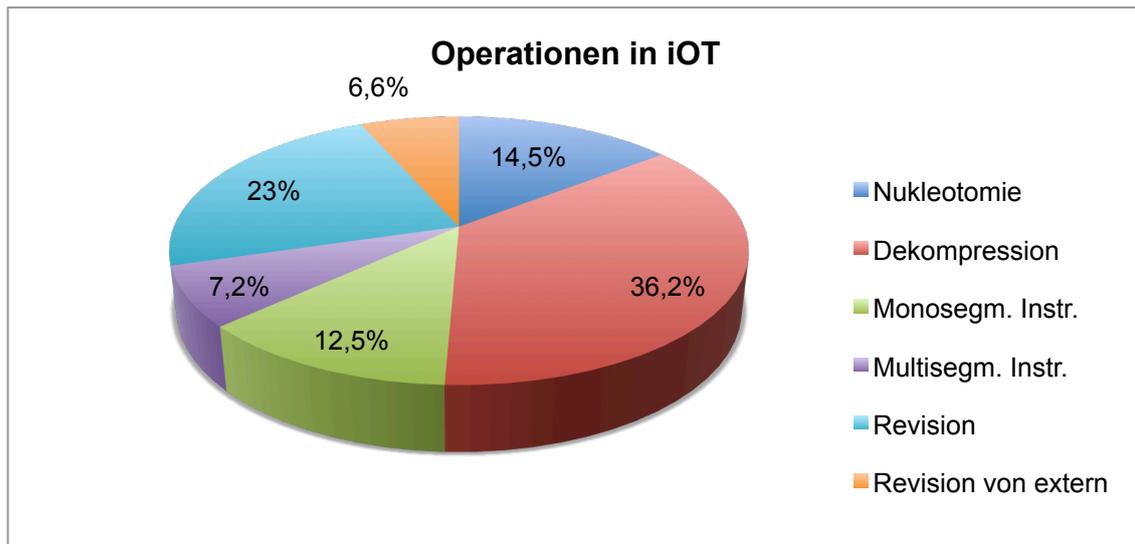


Abb. 23: Verteilung der Operationen in der iOT - Gruppe

(Revision von extern: Patienten mit bestehender Liquoristel wurden zur operativen Behandlung eingewiesen)

4.1.2 Patientenkollektiv mit BIRD DOVE, MD Behandlung

In dieser Gruppe befanden sich 47 Patienten, die insgesamt 48 Operationen unterzogen wurden: 20 Männer (43%) und 27 Frauen (57%).

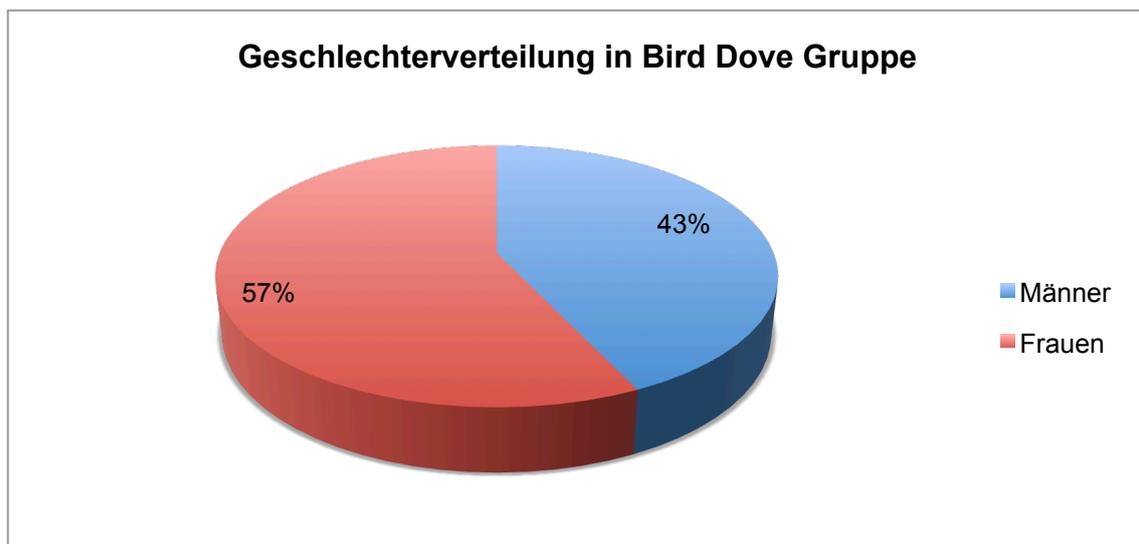


Abb. 24: Geschlechterverteilung in der BIRD DOVE, MD Gruppe

Die Altersverteilung lag auch in dieser Behandlungsgruppe mit Schwerpunkt in der Gruppe der 60 - 80- jährigen Patienten mit 26 Patienten (55,3%). Das zweitgrößte Kollektiv lag in der Altersgruppe der 40 - 60-jährigen Patienten mit 10 Patienten (21,3%).

Die > 80-Jährigen waren 7 Patienten (14,9%) und die < 40-Jährigen waren 4 Patienten (8,5%).

Der jüngste Patient dieser Gruppe war 26 Jahre alt und der Älteste 91 Jahre. Das durchschnittliche Lebensalter betrug 63,19 Jahre.

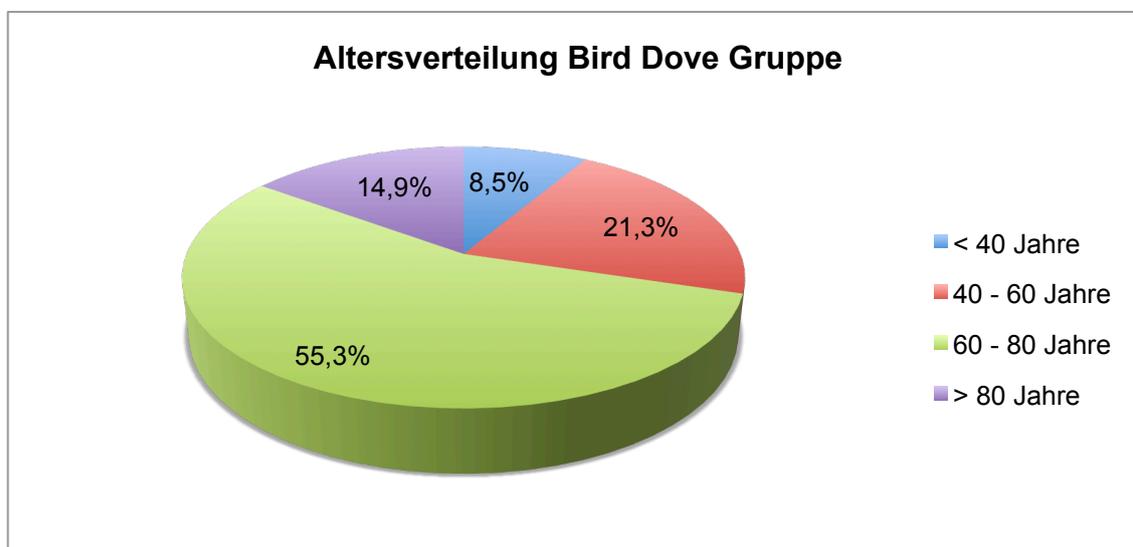


Abb. 25: Altersverteilung in der BIRD DOVE, MD Gruppe

Von 20 Patienten mit iDV bei Ersteingriff musste kein Patient revidiert werden. Hieraus ergab sich eine Revisionsrate von 0%.

Bei den 27 Patienten mit Revisionseingriffen musste ein einziger Patient revidiert werden. Hieraus ergab sich eine Revisionsrate von 3,6%.

Die Gesamtrevisionsrate beider Patientenkollektive betrug 2,1%.

Patientenkollektiv Bird Dove				
Eingriff	Op Anzahl	Patientenanzahl	Revision notwendig (Patientenanzahl)	Revisionen in Prozent
Ersteingriff	20	20	0	0 %
Revisionseingriff	28	27	1	3,6%
Gesamt	48	47	1	2,1%

Tab. 3: Eingriffe im BIRD DOVE, MD Patientenkollektiv

Die 48 nach BIRD DOVE, MD durchgeführten Eingriffe verteilten sich wie folgt:

- 3 Nukleotomien (6,3%)
- 13 Dekompressionen (27,1%)
- 2 dorsale Instrumentationen (jeweils 1 mono- und 1 multisegmental; 4,2%)
- 28 Revisionseingriffe (58,3%)
- 2 weitere Operationsverfahren (4,2%).

Aus dieser Gruppe wurden 2 Patienten vorher (4,2%) von extern zur Versorgung überwiesen, da sie primär nicht erfolgreich versorgt werden konnten.

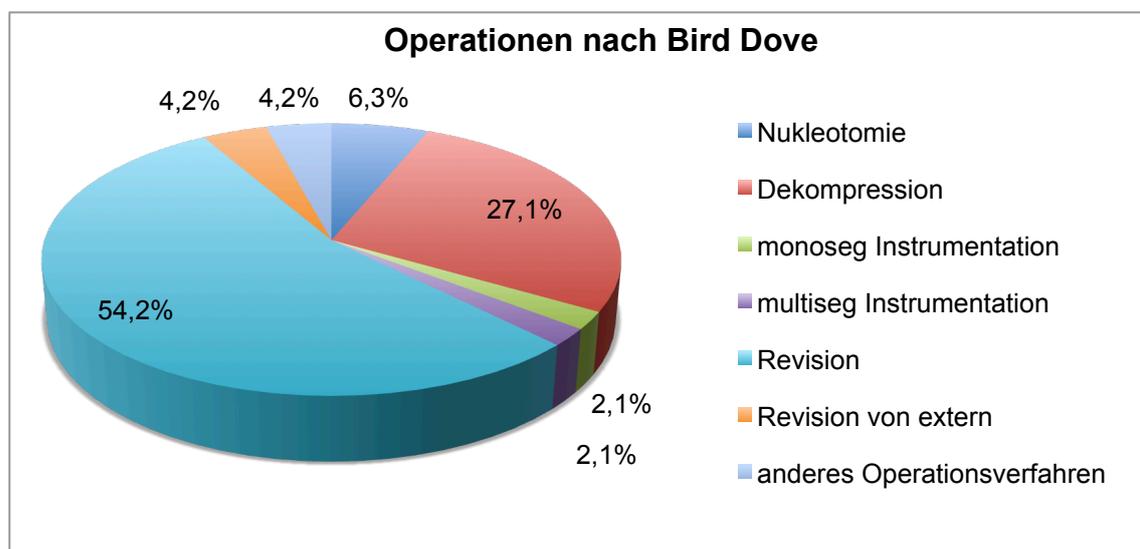


Abb. 26: Verteilung der durchgeführten Operationen nach BIRD DOVE, MD

4.2 Inzidenzen der intraoperativen Duraverletzungen

Bei 4020 lumbalen Eingriffen im Zeitraum von 01.01.2007 bis 30.06.2013 traten 200 iDV auf.

Die folgende Tabelle gliedert die Inzidenz der iDV nach Art der Eingriffe auf:

	Inzidenzen in Prozent (%)
Nukleotomie	1,7
Instrumentation	3,3
Dekompression	3,6
Revisionseingriff	14,5
Gesamtdurchschnitt	4,4

Tab. 4: Inzidenzen der intraoperativen Duraverletzungen nach Art des Eingriffes

Die Inzidenz der iDV betrug bei Bandscheibenvorfällen 1,7%. Die extraforaminalen Bandscheibenvorfälle wurden nicht berücksichtigt, da hier eine iDV aus anatomischen Gründen nicht möglich ist.

Bei der mikrochirurgischen Dekompression von Spinalkanalstenosen betrug die Inzidenz 3,6%. Diese mehr als doppelt so hohe Rate im Vergleich zu den ebenfalls mikrochirurgisch behandelten Bandscheibenvorfällen erklärt sich aufgrund der Verklebungen zwischen Ligamentum flavum und der Dura sowie durch das höhere Durchschnittsalter der Patienten mit entsprechend dünner Dura.

Die instrumentierten Fusionen (PLIF / TLIF) stellen die invasiveren Operationen dar. Dennoch betrug die Inzidenz „nur“ 3,3%.

Revisionseingriffe bergen auf Grund von Narbenbildung / vorgeschädigter Dura / unklaren oder veränderten anatomischen Verhältnissen, ein deutlich erhöhtes Risiko einer iDV. Dieser Sachverhalt erklärt die deutlich höhere Inzidenzrate hierbei von 14,5%.

4.3 Revisionsraten

4.3.1 Revisionsraten nach Versorgung einer iDV

Die Revisionsrate, also die Notwendigkeit eines zweiten Eingriffes nach einer Versorgung einer iDV mittels iOT, betrug 13,2% (20 Eingriffe). In der BIRD DOVE, MD Gruppe lag diese bei 2,1 % (1 Eingriff). Diese Berechnung unterscheidet zunächst nicht, ob die iDV in einem Primär- oder Revisionseingriff versorgt wurde. Siehe hierzu Kapitel 4.3.2 und 4.3.3.

In Zahlen:

Bei der iOT Gruppe wurden bei 152 Eingriffen insgesamt 20 Revisionseingriffe notwendig. In der BIRD DOVE, MD Gruppe war nur 1 Eingriff von insgesamt 48 Eingriffen nicht erfolgreich, so dass dieser revidiert werden musste.

Ob eine statistische Signifikanz zwischen den beiden Gruppen bezüglich der Revisionsrate besteht, wurde anhand des exakten Tests nach Fisher getestet. Die zweiseitige Testung ergibt hierbei einen p – Wert von 0,030 und damit eine statistische Signifikanz. Die zugrundeliegende Hypothese, dass die Versorgung mittels BIRD DOVE, MD besser als die iOT ist, wird damit bestätigt.

			Revision notwendig		Gesamt summe
			Ja	Nein	
Gruppe	BIRD DOVE	Anzahl	1	47	48
		% in Gruppe	2,1%	97,9%	100,0%
		% in Revision notwendig	4,8%	26,3%	24,0%
	iOT	Anzahl	20	132	152
		% in Gruppe	13,2%	86,8%	100,0%
		% in Revision notwendig	95,2%	73,7%	76,0%
Gesamtsumme		Anzahl	21	179	200
		% in Gruppe	10,5%	89,5%	100,0%
		% in Revision notwendig	100,0%	100,0%	100,0%

Tab. 5: Kreuztabelle Revisionsraten nach BIRD DOVE und iOT unabhängig ob ein Erst- oder Revisionseingriff vorlag

	Exakte Signifikanz (zweiseitig)	Exakte Signifikanz (einseitig)
	p – Wert	p – Wert
Exakter Test nach Fisher	0,030	0,019

Tab. 6: Statistische Signifikanz alle Eingriffe (Exakter Test nach Fisher)

4.3.2 Revisionsraten bei Ersteingriffen

Die Revisionsrate bei Primäreingriffen wegen einer iDV, also bei den vermeintlich einfacheren Operationen, lag in der Gruppe der in iOT versorgten Duraläsionen bei 10,3% (11 Eingriffe) und in der Gruppe die nach dem - BIRD DOVE, MD - Leitfaden versorgt wurde bei 0% (kein Eingriff).

Die statistische Signifikanz wurde mittels dem exakten Test nach Fisher ermittelt. Es ergab sich beim einseitigen Test ein p – Wert von 0,139. Ein statistisch signifikanter Unterschied zwischen der iOT und BIRD DOVE, MD bei Ersteingriffen lässt sich damit nicht nachweisen.

			Revision notwendig		Gesamt summe
			Ja	Nein	
Gruppe	BIRD DOVE	Anzahl	0	20	20
		% in Gruppe	0,0%	100,0%	100,0%
		% in Revision notwendig	0,0%	17,2%	15,7%
	iOT	Anzahl	11	96	107
		% in Gruppe	10,3%	89,7%	100,0%
		% in Revision notwendig	100,0%	82,8%	84,3%
Gesamtsumme		Anzahl	11	116	127
		% in Gruppe	8,7%	91,3%	100,0%
		% in Revision notwendig	100,0%	100,0%	100,0%

Tab. 7: Kreuztabelle Revisionen nach Primäreingriff nach iOT und BIRD DOVE

	Exakte Signifikanz (einseitig)
	p – Wert
Exakter Test nach Fisher	0,139

Tab 8: Statistische Signifikanz Ersteingriffe (Exakter Test nach Fisher)

4.3.3 Revisionsrate bei Revisionseingriffen

Diese Wiederholungseingriffe nach einer oder mehreren vorausgegangenen Operationen mit persistierender Liquorfistel beinhalten in der Regel aufgrund des vernarbten Operationsgebietes einen wesentlich höheren Schwierigkeitskoeffizienten.

Aus diesem Grund war der Vergleich zwischen der iOT- versorgten iDV - Gruppe und der BIRD DOVE, MD - Gruppe besonders interessant.

Es galt zu untersuchen, ob die vermeintlich „schwierigeren Eingriffe“ mit dem 10-schrittigen Behandlungsprotokoll effektiver behandelt werden können.

Von den 45 Revisionen, die in iOT operiert wurden, mussten 9 Patienten noch einmal operiert werden, um die Liquorfistel endgültig zu versorgen. Die Revisionsrate betrug damit 20%, die Erfolgsrate 80%.

Von den 28 Revisionseingriffen, die nach dem - BIRD DOVE, MD - Leitfaden operiert wurden, musste ein Patient erneut operiert werden. Die Revisionsrate liegt damit bei 3,6% und die Erfolgsrate bei 96,4%.

Ob eine statistische Signifikanz bezüglich der Revisionsraten zwischen den beiden Gruppen bestand, wurde mittels dem exakten Test nach Fisher (einseitig) untersucht. Es wurde einseitig getestet, da bereits die Voruntersuchungen auf eine bessere Versorgung mittels BIRD DOVE, MD hinwiesen.

Der ermittelte p – Wert betrug 0,045 und demnach liegt eine Signifikanz vor.

Die Hypothese, dass die operative Versorgung einer iDV, insbesondere in Revisionseingriffen mittels BIRD DOVE, MD besser bzw. mit geringerer Revisionsrate gelingt, bestätigt sich hierdurch.

			Revision notwendig		Gesamtsumme
			Ja	Nein	
Gruppe	BIRD	Anzahl	1	27	28
		DOVE	% in Gruppe	3,6%	96,4%
	% in Revision notwendig		10,0%	42,9%	38,4%
	iOT		Anzahl	9	36
		% in Gruppe	20,0%	80,0%	100,0%
		% in Revision notwendig	90,0%	57,1%	61,6%
Gesamtsumme		Anzahl	10	63	73
		% in Gruppe	13,7%	86,3%	100,0%
		% in Revision notwendig	100,0%	100,0%	100,0%

Tab. 9: Kreuztabelle Revisionen nach bereits erfolgtem Revisionseingriff nach iOT und BIRD DOVE

	Exakte Signifikanz (einseitig)
	p – Wert
Exakter Test nach Fisher	0,045

Tab 10: Statistische Signifikanz Revisionseingriffe (Exakter Test nach Fisher)

4.4. Klinisches Fallbeispiel

Der folgende Fall spielte eine wichtige Rolle in der Implementierung des Behandlungsleitfadens - BIRD DOVE, MD - in der Klinik für Spinale Chirurgie, Schön Klinik, Eilbek.

Ein 92-jähriger Patient wurde aufgrund eines großen Bandscheibenvorfalles des Segmentes L5 / S1 links operiert.

Der Prolaps hatte seit 8 Wochen unerträgliche Schmerzen und eine Fußsenker - Parese (Kraftgrad 3/5 nach Janda) seit 1 Woche verursacht. Es wurde sich primär zu einer konservativen Therapie mittels mehrerer PRTs entschieden. Nicht zuletzt auch aufgrund des Alters. Operationen bei Patienten älter als 90 Lebensjahre sind grundsätzlich eher die Ausnahme. Eine ausreichende Beschwerdelinderung konnte jedoch durch die konservativen Maßnahmen nicht erreicht werden.

Angesichts der guten körperlichen und geistigen Verfassung des Patienten, der deutlichen Einschränkung seiner Lebensqualität und der frustranen konservativen Therapie, indizierten wir die operative Versorgung.



Abb. 27: Der Bandscheibenvorfall L5 / S1 des Patienten im MRT

Der Eingriff verlief komplikationslos: Er beinhaltete die Entfernung einiger nach kaudal sequestrierter Bandscheibenfragmente und eine partielle Ausräumung des Bandscheibenfaches. Es kam zu keiner Duraverletzung.

Die radikulären Schmerzen bildeten sich postoperativ sofort zurück und die Schwäche des Fußsenkers verbesserte sich innerhalb weniger Tage.

Zwei Wochen nach dem Eingriff klagte der Patient über einen spontanen, plötzlich aufgetretenen tieflumbalen Rückenschmerz zusammen mit einer linksseitigen S1 Radikulopathie.

Die MRT Untersuchung mit Kontrastmittel zeigte eine Gadolinium - Anreicherung im Bereich des interlaminären Zuganges.

Bei Anstieg des C reaktiven Proteins (CRP) und der Leukozytenzahl wurde ein epiduraler Abszess vermutet. Vor der ersten Operation war die übliche „Single - Shot“ Antibiose mittels 2g Cephazolin i.v. erfolgt.

In der Revisionsoperation bestätigte sich der Verdacht und es erfolgte die Ausräumung des epiduralen Abszesses L5 / S1, die Einlage einer subfaszialen Redon-Drainage und eine postoperativen Antibiose. Intraoperativ zeigte sich kein Anhalt für eine iDV.

Die Drainage wurde nach Sistieren der Wundsekretion am dritten postoperativen Tag entfernt. Drei Tage später trat klares Wundsekret aus der Drainagestelle aus. Ein durchgeführter β 2-Transferrin-Test bestätigte, dass es sich bei der Flüssigkeit um Liquor handelte. Eine zusätzliche durchgreifende Hautnaht konnte den Liquorfluss nicht beenden. Es wurde daraufhin ein zweiter Revisionseingriff durchgeführt: es zeigte sich eine „poröse“ Dura im Abgangsbereich der Wurzel S1, durch die in einem Bereich von ca. 5 mm Durchmesser Liquor austrat.

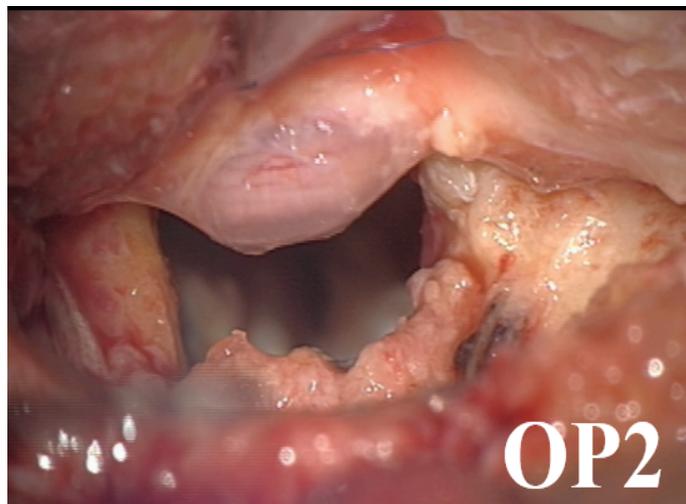


Abb. 28: OP 2: Usurierte Dura mit durchschimmernder Arachnoidea unmittelbar oberhalb des ausgeräumten Bandscheibenfaches L5/S1 links.

Aufgrund der Durabeschaffenheit konnte keine Naht durchgeführt werden. Der poröse Durabereich wurde mittels Kollagenvlies (TachoSil ®) abgedichtet.

Eine zusätzliche epidurale Tamponade mittels gestielten Muskellappen wurde nicht angefertigt. Es folgten zwei Tage strikte Bettruhe.

Im Zusammenhang mit der anschließenden Mobilisierung trat ein erneuter Liquorfluss aus der Wunde auf, der noch ausgeprägter war, als beim ersten Mal.

Bei der nun durchgeführten dritten Revision zeigte sich die Versiegelung mit TachoSil® suffizient, allerdings musste eine axillär gelegene und offensichtlich spontan aufgetretene Duraverletzung von ca. 1 x 2 cm Größe versorgt werden. Dies geschah mittels 7/0 monofiler Naht und einem zusätzlichen epiduralen TachoSil® - Patch.

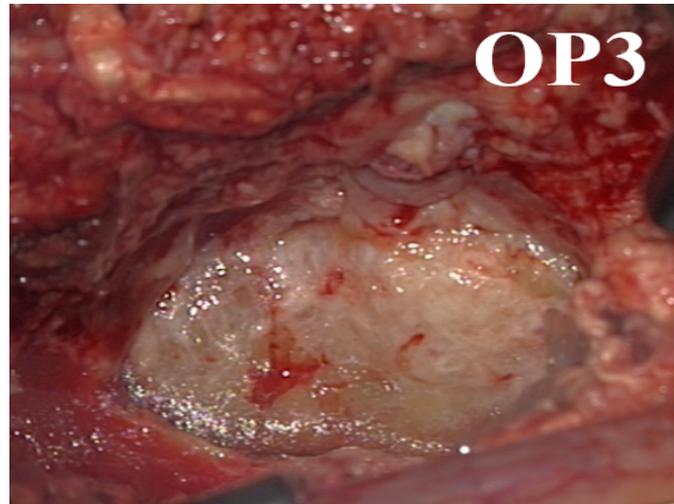


Abb. 29 : OP 3: Extraduraler Tachosil® -Patch, der durch Liquor durchtränkt ist.

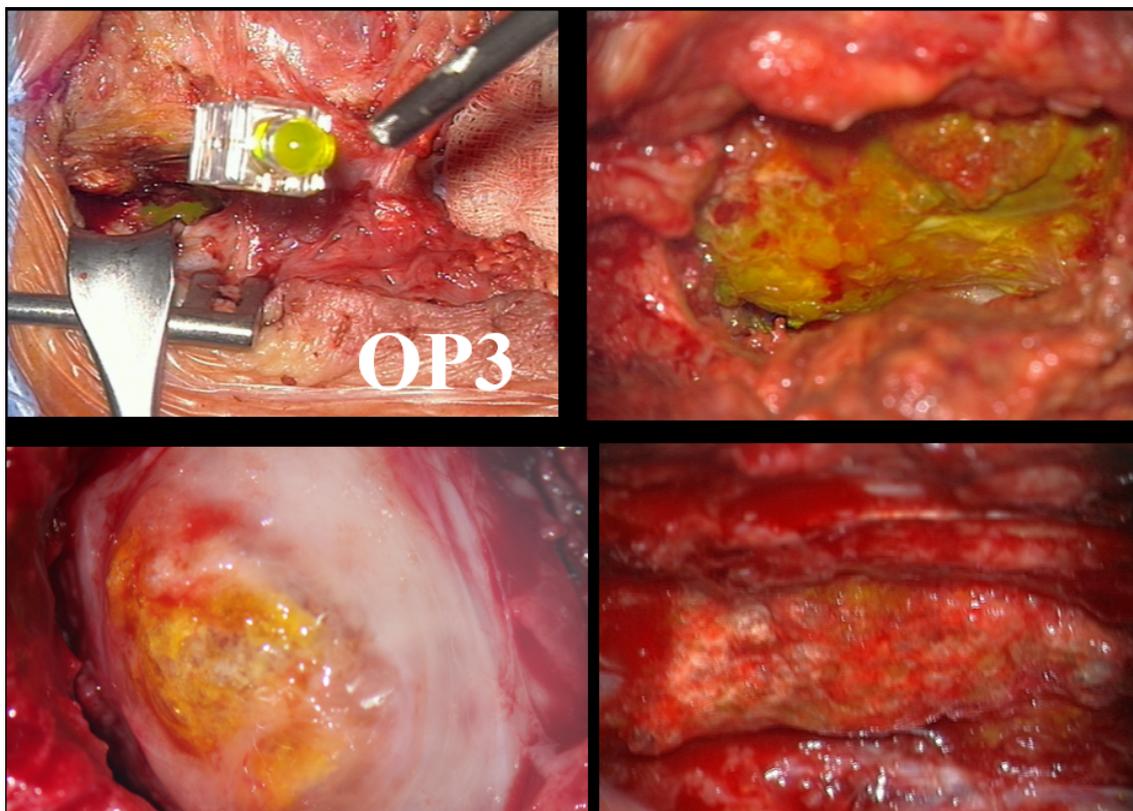


Abb. 30: OP 3:

Oben von links nach rechts : Instillation von Fluorescein mittels Kanüle; Fluorescein Austritt.

Unten von links nach rechts: intraduraler Tachosil® Patch; extraduraler Tachosil® Patch.

Ein intraduraler Patch, die epidurale muskuläre Tamponade und eine externe Liquordrainage wurden nicht angelegt.

Postoperativ sezernierte die Liquorfistel weiterhin.

Die vierte Revision beinhaltete:

- die Resektion der Lamina L5, um einen großen Muskellappen von der rechtsseitigen paravertebralen Muskulatur anfertigen zu können.
- die Ausräumung des Bandscheibenfaches L5/S1 und dessen Füllung mit autologen Knochenchips (Z.n. Laminektomie) vermischt mit zerkleinertem Antibiotikaschwamm / Antibiotikaträger (Gentamycin - Schwamm, Gentacoll).
- die Injektion von Fluorescein in Höhe L4/L5 zeigte die weiterhin bestehende Liquor-Durchlässigkeit der axillär gelegenen Duraverletzung. Dieses Mal wurde sie mit einem intra- und extraduralen TachoSil® - Patch versiegelt. Der große breitbasig gestielte Muskellappen aus der rechten paravertebralen Muskulatur wurde über die Mittellinie über den gesamten Epiduralraum geschwenkt.
- ein dichter mehrschichtiger Verschluss des Gewebes folgte.
- eine externe lumbale Liquordrainage wurde in dem Segment L4/5 eingelegt.
- Die postoperative Beatmung erfolgte für eine Woche auf Intensiv-Station und die Liquordrainage wurde für 2 Wochen belassen.

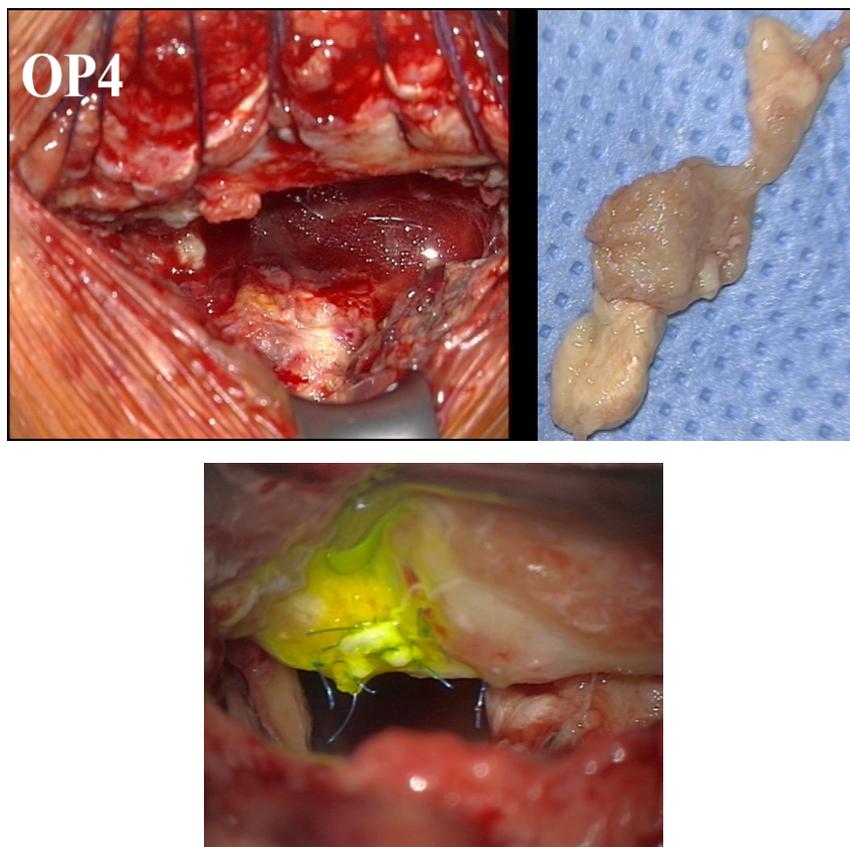


Abb. 31: OP 4:

Obere Reihe von links nach rechts: Intraoperativer Situs; Entfernung des TachoSil® Patches.

Untere Reihe: Liquor Austritt nach Fluorescein Gabe L4 / 5.

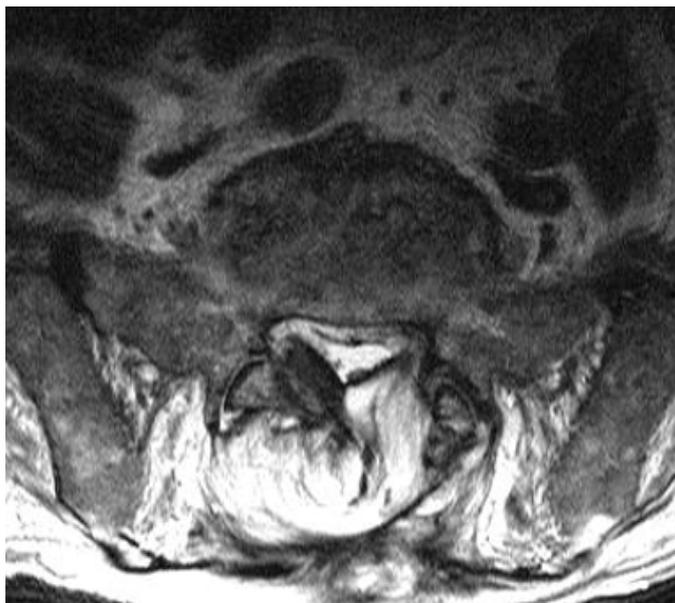


Abb. 32: Abschließende MRT-Kontrolle; von links nach rechts umgeschlagener Muskellappen.
Keine extradurale Liquoransammlung.



Abb. 33: Post OP Nachbeatmung auf Intensivstation bei einem hochkomplexen Fall.

Der weitere klinische Verlauf wurde auf Grund einer Lungenentzündung und einer Darmperforation erschwert. Beides wurde erfolgreich behandelt.

Schließlich konnte der Patient 3 Monate nach dem ersten Eingriff in angemessener körperlicher Konstitution entlassen werden.

Anlässlich der ambulanten Nachuntersuchung nach einem weiteren Jahr erschien der Patient lebensbejahend in Begleitung seiner 88-jährigen Ehefrau.

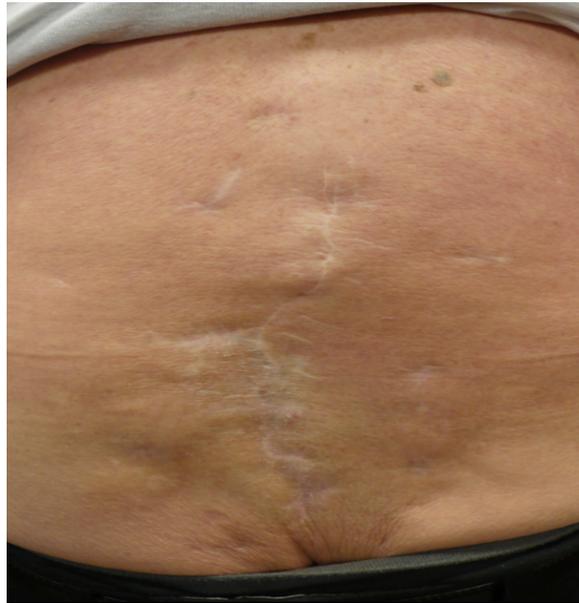


Abb. 34: Narbenbildung 1 Jahr postoperativ.

Seit diesem Fall erfolgen Revisionen in der Klinik für Spinale Chirurgie streng nach dem Schema - BIRD DOVE, MD.

4.5. Zusammenfassung 3

Die Studie weist in unserem Haus eine Inzidenz an iDV von 1,7% bei Bandscheibenoperationen, 3,6% bei mikrochirurgischen Dekompressionen von Spinalkanalstenosen, 3,3% bei instrumentierten Fusionen und von 14,5% bei Revisionseingriffen nach. Diese Inzidenzen sind im Literaturvergleich eher niedrig.

Eine mögliche Erklärung hierfür ist die fast ausschließliche Verwendung der mikrochirurgischen Operationstechnik, auch bei Instrumentationen.

Vergleicht man die Revisionsraten der Ersteingriffe wegen iDV mit den Revisionsraten infolge von Voreingriffen, ergibt sich eine statistisch signifikant höhere Erfolgsrate für das BIRD DOVE, MD - Schema in der Versorgung einer Liquorfistel der Revisionsgruppe.

Den fehlenden Nachweis einer signifikant besseren Erfolgsrate nach Anwendung des - BIRD DOVE, MD - Schema in der primären Versorgung von iDV führen wir auf den sehr

deutlichen Größenunterschied der verglichenen Patientenkollektive zurück.

Wie im klinischen Fallbeispiel dargestellt ist die Umsetzung des - BIRD DOVE, MD - Protokolls auch in Ausnahmefällen effektiv.

5. Diskussion

Bedingt durch den demographischen Wandel steigt die Zahl der Patienten, die an einer degenerativen Wirbelsäulenerkrankung leiden. Laut dem statistischen Bundesamt wurden im Jahr 2005 28.001 Patienten über 65 Jahre stationär nur mit der Diagnose „lumbale spinale Stenose“ behandelt. 2011 waren es bereits 55.793 Patienten (Bundesamt, 2011). Infolgedessen werden zunehmend auch spinalchirurgische Eingriffe bei älteren Patienten durchgeführt (Kalff et al., 2013).

Insbesondere die mikrochirurgische Dekompression bei vorliegender Spinalkanalstenose ist einer der am häufigsten durchgeführten Wirbelsäuleneingriffen mit steigender Tendenz und guten Ergebnissen (Thomé et al., 2008; B. Weinstein et al., 2008).

Als eine der häufigsten Komplikationen bei lumbalen spinalchirurgischen Eingriffen gilt die intraoperative Verletzung der Dura (Bosacco et al., 2001; Deyo et al., 1992; Gautschi et al., 2014; Kalevski et al., 2010; B. Weinstein et al., 2008).

Ein Risikofaktor hierfür ist neben Faktoren wie Adipositas und Voroperationen auch ein höheres Lebensalter der Patienten (Burks et al., 2015; Yoshihara et al., 2014). Die Dura degeneriert und ist dadurch dünner und weniger stabil.

Die Komplikationen einer Duraverletzung und mögliche Folgen sind vielfältig. Unter anderem können eine Liquorfistel, Meningitis, Arachnoiditis oder selten auch Pseudomeningocelen entstehen (Cammisa et al., 2000; Couture et al., 2003; Eismont et al., 1981; Gerardi et al., 1999; Kitchel et al., 1989; Lee et al., 1992; Stambough et al., 2000; Williams et al., 2011). Eine optimale operative Versorgung, im besten Falle direkt bei der Primäroperation, ist daher anzustreben (Hoell et al., 2009).

Ob das klinische Outcome der Patienten durch eine intraoperative Duraverletzung beeinflusst wird, lässt sich anhand der aktuellen Studienlage nicht eindeutig belegen oder widerlegen. Einige Studien wie z.B. die Studie von Saxler et al (Saxler et al., 2005) berichten über ein schlechteres Langzeitoutcome nach intraoperativer Duraverletzung. Saxler verglich hierbei 10 Jahre nach erfolgter Sequestrektomie 41 Patienten mit Duraverletzung mit einer Kontrollgruppe ohne Duraverletzung. Die Ergebnisse zeigten, dass die Patienten mit Duraverletzung u.a. häufiger über Rückenschmerzen klagten, Einschränkungen in ihren alltäglichen Aktivitäten hatten und nach der Operation später wieder ihrer Arbeit nachgehen konnten. In einer Studie von Kothe et al. erfolgte ebenfalls

die Untersuchung des Outcomes nach lumbaler Wirbelsäulen-Operation. Auch hier wurden die Gruppen mit und ohne Duraverletzung 3 und 12 Monate post OP miteinander verglichen. Hier gab es nach 12 Monaten einen Hinweis darauf, dass der tieflumbale Rückenschmerz der Gruppe mit Duraverletzung signifikant größer ist. In der frühzeitigen Nachuntersuchung nach 3 Monaten konnte dies nicht nachgewiesen werden (Kothe et al., 2016).

Andere Studien besagen, dass es keinen Unterschied im Outcome nach intraoperativer Duraverletzung gibt (Desai et al., 2011; Grannum et al., 2014; Strömqvist et al., 2012; Ulrich et al., 2016).

Anzumerken ist, dass die Vergleichbarkeit der veröffentlichten Studien nur eingeschränkt möglich ist. Die Studien betrachten verschiedene operative Eingriffe und unterschiedlich lange postoperative Verläufe.

Unbestritten ist jedoch, dass es bei Auftreten einer Komplikation aufgrund der Duraverletzung zu einem prolongierten postoperativen Verlauf kommt (Cammisa et al., 2000). Dies ist zum einen für den Patienten sehr belastend und es führt zu erhöhten Behandlungskosten. Die OP Zeit und der stationäre Aufenthalt des Patienten verlängern sich, wodurch in Deutschland die Krankenhauskosten steigen (Anstieg um ca. 50%). Die Rückerstattung durch die Krankenkassen steigt allerdings deutlich weniger an (ca. 21 %) (Kothe et al., 2016; Weber et al., 2015). Die Zeit der Rehabilitation und die mögliche Rückkehr in das Arbeitsleben verlängern sich (Saxler et al., 2005; Yoshihara et al., 2014). In den USA werden für das Gesundheitssystem Extrakosten von ca. 4000\$ für jede aufgetretene Duraverletzung beziffert (Puvanesarajah et al., 2017).

Die intraoperative Versorgung der iDV erfolgt abhängig von der Erfahrung des jeweiligen Operateurs und mittels unterschiedlicher Methoden, also nicht standardisiert. Diesen Sachverhalt bestätigen auch aktuelle Studien. (Clajus et al., 2015; Gautschi et al., 2014). Der hier vorgestellte Leitfaden – BIRD DOVE, MD - ist nach unserem Wissen der bislang einzige veröffentlichte (Papavero et al., 2015).

Clajus et al. befragte in einer Studie 149 deutsche neurochirurgische Abteilungen bezüglich ihrer Versorgungsstrategie bei intraoperativen Duraverletzungen. 109 Abteilungen antworteten und es ergaben sich 12 verschiedene Operationsmethoden (Clajus et al., 2015). Auch bezüglich der postoperativen Behandlung konnte kein Standard festgestellt werden.

Oitment et al untersuchte selbiges in Canada. Es wurde über die Canadian Neurological Surgery Society ein Fragebogen online gestellt, der Versorgungsstrategien bei Duraverletzungen klären sollte. Es nahmen 91 Neurochirurgische Kliniken teil und auch hier zeigte sich, dass es keine standardisierten Behandlungsschemata gibt (Oitment et al.,

2018). Es lässt sich demnach feststellen, dass die Standardisierung der Versorgung kein europäisches, sondern ein internationales Thema ist.

Um ein möglichst strukturiertes Vorgehen bei einer Verletzung der Dura zu ermöglichen wurde die BIRD DOVE, MD Checkliste entwickelt. Sie soll dem Operateur unabhängig von seiner Erfahrung als Hilfe für den erfolgreichen Verschluss der Dura dienen.

Checklisten und Leitfäden haben sich bereits in verschiedenen Bereichen der Medizin bewährt. Hier ist zum Beispiel in der Notfallversorgung schwerverletzter Patienten das ABCDE – Schema (**A**irway, **B**reathing, **C**irculation, **D**isability, **E**xposure / **E**nvironmental Control) zu nennen, nach dem strukturiert die Ersteinschätzung und Versorgung der Verletzung/en erfolgt (ACS, 2012).

Dass Akronyme gut als Leitfäden funktionieren sieht man auch in der Geburtshilfe. So wird das APGAR – Schema / Score (**A**tmung, **P**uls, **G**rundtonus, **A**ussehen, **R**eflexe) zur standardisierten Beurteilung von Neugeborenen und deren Anpassung an die Umwelt mittels eines Punkteschemas genutzt (Beller, 2007).

Grundlegend für die Entwicklung unserer Checkliste waren die im Laufe der Jahre gesammelten Erfahrungen in der Klinik für Spinale Chirurgie. Für die Versorgung einer iDV haben sich verschiedene Hilfsmittel als besonders wichtig erwiesen, die dementsprechend im BIRD DOVE, MD Schema Anwendung finden.

Hier ist z.B. das Mikroskop zu nennen. Dieses ermöglicht eine detailgenauere Sicht aller anatomischer Strukturen, so auch der iDV. Dadurch bietet sich eine viel bessere Präparations- und somit auch Versorgungsmöglichkeit (Caspar, 1977).

Zusätzlich ermöglichen spezielle mikrochirurgische Instrumente (Abb. 9) miniaturisierte Nahttechniken auf engem Raum (Graham, 1989; Jankowitz et al., 2009; Marshall, 1992; Shaffrey et al., 1990; Smith et al., 1992). Durch die Kombination kann ein viel präziseres operieren erfolgen, was natürlich auch eine geringere Komplikationsrate nach sich zieht.

Medizinprodukte wie Fibrinkleber oder ein Blutpatch eignen sich zum Verschluss von Durapunktionsverletzungen (Jankowitz et al., 2009; Lauer et al., 1992; Maycock et al., 1994; Patel et al., 1996; Shaffrey et al., 1990; Vakharia et al., 1997).

Für größere Duraverletzungen kann das Kollagenvlies (TachoSil ®, Takeda), welches einseitig mit humanem Thrombin und Fibrinogen beschichtet ist, verwendet werden. TachoSil ® wurde vom Hersteller ursprünglich für die Hämostase entwickelt. Die Elastizität des feuchten Vlieses, mit seinem versiegelndem Effekt, hält einem Druck von

46mm Hg (oder 62 cm H₂O) stand (Takeda, 2014). Diese Eigenschaft erweist sich auch für die intra- und extradurale Abdichtung des Liquorflusses als gut geeignet. Während die epidurale Applikation von TachoSil® geläufig ist, wurde die intradurale Anwendung mit der Entwicklung des Behandlungsleitfadens - BIRD DOVE, MD - standardisiert. Die Liquorpulsation („Wasserhammer-Effekt“) verstärkt durch das Pressen des Vlieses gegen die Dura seine abdichtende Wirkung. Verglichen mit der epiduralen Abdichtung durch Hydrogele (sealants) bietet das Vlies den Vorteil einer festen Struktur, die besonders bei der intrathekalen Applikation hilfreich ist. Hierdurch wird z.B. das Verkleben von nervalen Strukturen verhindert.

Die Kombination aus der epiduralen Muskelplastik und den tief durchgreifenden verankernden Nähte an den Dornfortsätzen reduziert erheblich den Totraum des operativen Zuganges. Das Volumen des verfügbaren Totraumes spielt unseren Erachtens nach eine wichtige Rolle für das Entstehen von Pseudomeningocelen oder Liquorfisteln. Ein Hämatom mit raumfordernder Wirkung oder eine erhebliche Menge austretenden Liquors können sich in einem großen epiduralen Hohlraum eher ansammeln als in einem aufgrund der epiduralen Muskelplastik faktisch nicht vorhandenen (Than et al., 2008).

Die Injektion von Fluorescein ein Segment oberhalb der iDV erleichtert die Lokalisation des Liquoraustrittes, wenn dieser nicht offensichtlich ist. Obwohl in der Literatur als Folge der intrathekalen Applikation wichtige Nebenwirkungen wie epileptische Anfälle oder sogar ein Todesfall berichtet werden, sind diese Komplikationen auf eine massive Überdosierung des Fluorescein zurückzuführen (Keerl et al., 2004). Die aktuell empfohlene Dosis ist faktisch nebenwirkungsfrei (Felisati et al., 2008).

Neben der Vorstellung der BIRD DOVE, MD Checkliste war die zentrale Frage unserer Studie, welche operative Methode eine primäre iDV oder eine Liquorfistel einzeitig erfolgreicher versorgen könne. Würde sich das 10 – schrittige Versorgungsschema - BIRD DOVE, MD - in der Erfolgsrate von der erfahrungsbezogenen individuellen Operationstechnik (iOT) unterscheiden?

Wir untersuchten hierfür alle lumbalchirurgischen Eingriffe im Zeitraum vom 01.01.2007 bis zum 30.06.2013 und verglichen zwei Patientenkollektive (iOT versus BIRD DOVE, MD) bezüglich der angewandten Operationstechnik, des Operationsergebnisses sowie des Ausgangsbefundes.

In dem erwähnten Untersuchungszeitraum trat bei 200 Operationen von insgesamt 4020 Eingriffen eine intraoperative Duraverletzung auf. Damit betrug die gesamte Inzidenzrate

4,4%. Diese Rate liegt im unteren Bereich der Angaben in der Literatur. Hier wird eine Spannbreite von 3 – 17,3 % angegeben (Barrios et al., 1990; Cammisa et al., 2000; Campbell et al., 2011; Desai et al., 2011; Desai et al., 2011; Eismont et al., 1981; Fritsch et al., 1996; Guerin et al., 2012; Hannalah et al., 2008; Hodges et al., 1999; Jones et al., 1989; Khan et al., 2006; Kotilainen et al., 1993; Le et al., 2001; McMahon et al., 2012; Morgan-Hough et al., 2003; Rampersaud et al., 2006; Rosenberg et al., 2001; Saxler et al., 2005; Silvers et al., 1993; Sin et al., 2006; Stolke et al., 1989; Tafazal et al., 2005; Than et al., 2008; Waisman et al., 1991; Wang et al., 1998; West et al., 1991; Williams et al., 2011). Einschränkend ist zu sagen, dass einige der Studien nicht ausschließlich lumbale Eingriffe für ihre Inzidenzangabe betrachten, sondern thorakale oder auch cervikale Eingriffe mitinbegriffen sind wie z.B. in der Studie von Cammisa et al. (Cammisa et al., 2000).

Die Inzidenzen unserer Studie können auf verschiedene lumbale Eingriffe aufgeteilt werden. So betrug die Inzidenzrate bei Bandscheibenvorfällen 1,7%, bei mono- oder multisegmentalen Instrumentationen 3,3%, bei Dekompressionen von Spinalkanalstenosen 3,6% und bei Revisionseingriffen 14,5% (s. Tab. 5).

Die niedrigste Inzidenz findet sich somit bei den Nukleotomien. Die im Vergleich fast doppelt so hohe Inzidenz bei Dekompressionen lässt sich durch Degeneration der Anatomie, z.B. Verklebungen zwischen Ligamentum flavum und der Dura sowie durch das höhere Durchschnittsalter der Patienten mit entsprechend reduzierter Duraqualität erklären.

In der Studie von Strömqvist et al., 2012 basierend auf dem Swespine, the Swedish Spine Register, liegt der Focus der Auswertung auf Dekompressionen der LWS. Beschrieben wird hier eine Gesamtinzidenz von Duraverletzungen von 7,4%. Es erfolgt eine weitere Aufteilung in Dekompressionen mit einer Inzidenz von 8,4% und von Dekompressionen mit Fusionen von 5,5% (Strömqvist et al., 2012). Revisionseingriffe und Nukleotomien werden leider nicht beschrieben. Schaut man sich hier entsprechende Literatur an, so kann man sagen, dass die Inzidenz bei Nukleotomien mit einer Variabilität von 3-6% angegeben wird (Stolke et al., 1989; Strömqvist et al., 2010; J. Weinstein et al., 2006).

Exakte Daten für die Inzidenz bei Revisionseingriffen anzugeben ist schwierig, da in der Regel nur ein Eingriff gesondert betrachtet wird. Es lässt sich eine Spannweite von 8,1% bis 17,3% finden (Cammisa et al., 2000; Stolke et al., 1989). In Bezug auf die Komplikationsraten sagt Strömqvist et al., 2012, dass sich die Inzidenz mit Alter, Anzahl der operierten Segmente, vorausgegangene Operationen und sogar durch Rauchen erhöhen (Strömqvist et al., 2012).

Vergleicht man nun die Literaturdaten mit unseren Ergebnissen, so lässt sich feststellen, dass unsere ermittelten Inzidenzen – wenn auch sicherlich nicht signifikant

unterschiedlich – jeweils in den unteren Inzidenzbereichen der Literaturangaben liegen. Bei Revisionseingriffen liegt die Rate im Mittelfeld.

Dieses gute Ergebnis lässt sich dadurch erklären, dass in der Klinik für Spinale Chirurgie auch komplexere Eingriffe, wie z.B. Instrumentationen, regelmässig durchgeführt werden. Infolge der Erfahrung treten Komplikationen seltener auf. Vergleichbare Studien wurden teilweise in weniger spezialisierten Zentren für Neurochirurgie und / oder der Orthopädie durchgeführt und es wurden in der Regel auch nur einzelne Eingriffe betrachtet (Gerardi et al., 1999; Stolke et al., 1989; Strömqvist et al., 2010; Strömqvist et al., 2012; J. Weinstein et al., 2006).

Betrachtet man nun die beiden Patientenkollektive unserer Studie, lässt sich zunächst festhalten, dass sie sich in wichtigen Parametern wie Alters- und Geschlechterverteilung kaum unterscheiden.

Das durchschnittliche Alter zum Operationszeitpunkt lag in der iOT Gruppe bei 64,58 Jahren und in der BIRD DOVE, MD Gruppe bei 63,19 Jahren. Im Gesamtdurchschnitt lag das Alter bei 64,49 Jahren. Das relativ hohe Durchschnittsalter bestätigt den bereits mehrfach erwähnten Risikofaktor Alter in Bezug auf eine Duraverletzung.

Sowohl in der iOT als auch in der BIRD DOVE, MD Gruppe waren 57% Frauen und 43% Männer. Der leicht erhöhte Frauenanteil lässt sich nicht eindeutig erklären. Ein möglicher Erklärungsansatz ist jedoch der leicht erhöhte Frauenanteil in der deutschen Gesellschaft in den älteren Bevölkerungsschichten. Nach einer Statistik des Statistischen Bundesamtes zur Geschlechterverteilung in der deutschen Bevölkerung im Jahr 2010 lag der Frauenanteil in der Gruppe der 60-69 Jährigen bei 51,4%. In der Gruppe der 70-79 Jährigen bereits bei 54,9% und bei den 80-89 Jährigen sogar bei 62,3% (Bundesamt, 2012).

In der Literatur finden sich je nach Studie unterschiedliche Geschlechterverteilungen in den Kollektiven. In einer Studie von Strömqvist et al., die Nukleotomien / Sequestrektomien bezüglich Duraverletzungen untersucht, beträgt der Männeranteil 53% und der Frauenanteil nur 47% (Strömqvist et al., 2012).

Die Geschlechterverteilung ist für unsere Fragestellung und für die Entstehung einer Duraverletzung nicht relevant.

Bezüglich der Patientenzahl der Kollektive ist einschränkend zu sagen, dass die Gruppe, die nach iOT behandelt wurde mit 143 Patienten deutlich größer war gegenüber 47 Patienten, die nach BIRD DOVE, MD behandelt wurden.

Entscheidend für die Beantwortung unserer Fragestellung, ob die Versorgung einer Duraverletzung mittels BIRD DOVE, MD besser bzw. erfolgreicher funktioniert als in individueller Operationstechnik, ist die Betrachtung der Revisionsrate nach erfolgtem Duraverschluss. Ist die Revisionsrate nach Anwendung des BIRD DOVE, MD Schemas niedriger als nach individueller Versorgung?

Betrachtet man die Revisionsraten zunächst unabhängig von der Art des Eingriffes, sprich Ersteingriff oder Revisionseingriff, so ergibt sich in der iOT Gruppe eine Rate von 13,2% und in der BIRD DOVE Gruppe von 2,1%. Der ermittelte p-Wert von 0,030 nach zweiseitiger Testung nach Fisher ergibt eine statistische Signifikanz. Dies bedeutet, dass eine Versorgung nach dem BIRD DOVE, MD Schema zu einer statistisch signifikanten niedrigeren Revisionsrate und somit zu einem besseren Verschluss der Duraverletzung führt.

Um die Ausgangsfrage genauer beantworten zu können, unterschieden wir die Revisionseingriffe nach einer Primärversorgung und nach bereits durchgeführten Revisionseingriffen. Anders ausgedrückt: Vergleich zwischen (vermeintlich) einfacher Operationstechnik und deutlich erschwertem Eingriff.

Bei Primäreingriffen mit Duraläsion wurden mittels BIRD DOVE, MD Schema 20 Patienten versorgt. Es gab keine weiteren notwendigen Revisionen, so dass von einer 100%igen Verschlussrate ausgegangen werden kann und eine Revisionsrate von 0% vorliegt. In der Gruppe der iOT wurden insgesamt 107 Primäreingriffe durchgeführt, bei denen 11 Revisionseingriffe im Nachhinein erfolgen mussten. Die Revisionsrate betrug damit insgesamt 10,3%.

Eine statistische Signifikanz ergab sich aus diesen Ergebnissen nicht. Anzunehmen ist, dass dies auf dem deutlichen Größenunterschied der beiden Patientengruppen bzw. Eingriffszahlen (20 Eingriffe versus 107 Eingriffe) beruht. Die Vergleichbarkeit ist dadurch eingeschränkt. Um eine Signifikanz zu erreichen, würde sich eine Fortsetzung der Studie mit Vergrößerung des Patientenkollektives anbieten.

Einen Vergleich mit der Literatur kann bezüglich der Revisionsraten nicht erfolgen, da die meisten Studien zwar die Inzidenz einer Duraverletzung angeben, aber keine weiteren Angaben zur Verschlussrate bzw. Revisionsrate untersuchen. Da sie die Erfolgsrate des Duraverschlusses darstellen, wollen wir diese natürlich betrachten.

Betrachtet man nun die Revisionsraten bei Revisionseingriffen, so kann man sagen, dass in der BIRD DOVE, MD Gruppe eine Revision bei 27 Eingriffen (Revisionsrate 3,6%)

erfolgen musste. Dies ist ein sehr gutes Ergebnis. Bei dieser einen Revision handelt es sich um den Patienten aus unserem Fallbeispiel (s. Kapitel 4.4). Also ein extrem komplexer Fall – möglicherweise nicht mit einem sonstigen Revisionseingriff vergleichbar. In der iOT Gruppe wurden bei 9 von 45 Patienten weitere Revisionen notwendig. Daraus ergibt sich eine Revisionsrate von 20%.

Wie schon bei BIRD DOVE, MD genannt ist auch das Fallbeispiel (s. Kapitel 4.4.) in dieser Gruppe mehrfach vertreten, so dass durch diesen einen Patienten das Ergebnis nachteilig beeinflusst wird.

Entscheidend ist jedoch, dass der ermittelte p-Wert nach dem einseitigen Test nach Fisher in Bezug auf die Revisionsraten einen Wert von 0,045 ergab und somit erneut eine statistische Signifikanz vorliegt. Dies bedeutet, dass die Revisionsrate nach erfolgreichem Duraverschluss nach dem BIRD DOVE, MD Schema bei Revisionseingriffen statistisch niedriger ist und damit der Verschluss erfolgreicher. Hieraus lässt sich auch schließen, dass ein strukturiertes Vorgehen mittels des Leitfadens zu einem besseren operativem Ergebnis führt. Auch für bereits erfahrene Operateure wie in unserer Studie bietet das BIRD DOVE, MD Schema demnach eine gute Hilfe.

Für weniger erfahrene Operateure halten wir die Anwendung des Leitfadens für unverzichtbar und erachten ein Training für sinnvoll (z.B. mittels Kadaver – Workshop, Skills Lab., etc.). Dass ein Training bestimmter Handlungsabläufe Vorteile hat, wurde bereits in Studien bewiesen, vergleichbar z.B. mit Technik- und Taktikschulungen in verschiedenen Leistungssportbereichen. (Desai et al., 2011; Sin et al., 2006; Takahashi et al., 2013).

Eine Limitierung dieser Studie liegt im retrospektiven Design. Ein prospektives und / oder auch ein randomisiertes Studiendesign sind grundsätzlich vorzuziehen, jedoch in unserem Fall schwer zu realisieren. Das erklärt sich dadurch, dass jede Duraläsion einzigartig, individuell, ungeplant und damit auch unvorhersehbar ist. Wie das klinische Fallbeispiel eindrucksvoll zeigt, ist zudem die Vergleichbarkeit einer Duraläsion bzw. einer Liquorfistel eher die Ausnahme als die Regel. Die einzige Gemeinsamkeit aller ausgewerteten Fälle besteht in dem transduralen Liquorfluss.

Denkbar wäre dass im Falle einer Duraläsion intraoperativ per Los über das weitere Vorgehen entschieden wird (Anwendung BIRD DOVE, MD vs. individuelle Technik). Die praktische Umsetzung im Operationssaal halten wir jedoch für unrealistisch und nicht sinnvoll.

Aus den genannten Gründen sind die meisten Studien, die sich mit der Versorgung von Duraverletzungen beschäftigen, retrospektiv (Blecher et al., 2014; Clajus et al., 2015; Gautschi et al., 2014; Herren et al., 2017; Strömqvist et al., 2012).

Eine Verbesserung unserer Studie wäre jedoch sicherlich durch eine Verlängerung des Studienzeitraumes zu erreichen. Die Patientenkollektive würden sich weiter vergrößern und die Vergleichbarkeit der Gruppen steigen.

In Zusammenschau der Ergebnisse können wir unsere Ausgangsfrage, ob ein erfolgreicherer Duraverschluss mittels Anwendung unseres BIRD DOVE, MD Schemas erreicht wird, bejahen. Unsere Studie beweist, dass ein strukturiertes Behandlungsschema die Erfolgsrate der intraoperativen Behandlung von iDV und / oder postoperativen Liquor fisteln erhöht.

6. Zusammenfassung

Intraoperative Duraläsionen (iDV) sind die häufigste Komplikation der lumbalen Wirbelsäulenchirurgie. Die Prävention von iDV mittels sorgfältiger Planung jedes einzelnen chirurgischen Schrittes und umsichtiger Durchführung ist unverzichtbar.

Dennoch kann, vor allem bei komplexen Revisionseingriffen, eine iDV als unerwarteter intraoperativer Zwischenfall jederzeit auftreten. Die Versorgung der Duraverletzung geht häufig mit einer intensiven Lernkurve einher.

Das Ziel dieser Arbeit ist es einen auf maximal 10 Schritte reduzierten „Notfallplan“ zum Verschluss einer Duraläsion vorzustellen und die Überlegenheit gegenüber individueller Versorgungsstrategien nachzuweisen. „Der rote Faden“ - BIRD DOVE, MD - soll vor allem weniger erfahrenen Operateuren eine systematische Komplikationsbehebung ermöglichen.

Im klinischen Alltag wird das theoretische Training durch das Wiederholen der 10-schrittigen Checkliste (BIRD DOVE, MD) automatisiert. Dies bereitet auf ein intraoperatives strukturiertes Komplikationsmanagement vor. Zusätzlich bedarf es der manuellen Geschicklichkeit des Operateurs, welche unter anderem in Kadaver Workshops trainiert werden kann. Hier kann die Umsetzung des - BIRD DOVE, MD - Leitfadens simuliert werden.

Die Einführung von Checklisten in der modernen operativen Medizin, aber auch in der konservativen, ist die Konsequenz der zunehmenden komplexen Sachverhalte, denen „das Bauchgefühl“ nicht mehr gewachsen erscheint.

Davon profitiert der Chirurg in der Umsetzung, aber vor allem der Patient im Ergebnis!

7. Englische Zusammenfassung (Summary)

Incidental durotomy (ID) is the most common complication of lumbar spine surgery. The prevention of ID through careful planning of each surgical step and its precise execution is essential.

Nevertheless, ID may occur at any time as an unexpected intraoperative event, particularly in complex revision procedures. The treatment of a dural tear is often accompanied by an emotionally intense learning curve, especially in less experienced surgeons.

The aim of this work is to present a "emergency plan" reduced to a maximum of 10 steps in order to close the dural lesion and to prove the superiority compared with individual surgical strategies. "The acronym- BIRD DOVE, MD - is intended to primarily enable less experienced surgeons to resolve intraoperative IDs.

In the clinical practice the theoretical training consists of repeating the 10 step checklist (BIRD DOVE, MD). This prepares the surgeon for an intraoperative structured complication management. Furthermore, the manual skills can be trained in cadaver workshops or with the help of simulators (e.g. Realspine, Leipzig, Germany).

The use of checklists in modern surgical and conservative treatment is due to the increasing complexity, where "the gut feeling" does not seem to be appropriate any longer.

The surgical work becomes safer, but most important, the patient benefits from a better clinical result!

8. Literaturverzeichnis

1. Abel, R., Gerner, H., Maiß, G.;
"Wirbelsäule und Rückenmark. Weiterführende Diagnostik - klinischer Leitfaden".
Blackwell, Berlin - Wien. 1997.
2. ACS.
ATLS - Advanced Trauma Life Support: American College of Surgeons Committee
on Trauma; 2012. 11-2 p.
3. Athiviram, A., Yen, D.;
"Is spinal stenosis better treated surgically or nonsurgically?".
Clin Orthop Relat Res. 2007(458):90-3.
4. Baker, G., Cizik, A., Bransford, R. et al.;
"Risk factors for unintended durotomy during spine surgery: a multivariate
analysis".
Spine J. 2012;12(2):121-6.
5. Barrios, C., Ahmed, M., Arroategui, J. et al.;
"Clinical factors predicting outcome after surgery for herniated lumbar disc: a
epidemiological multivariate analysis".
J Spinal Disord. 1990(3):205-9.
6. Beller, F.;
"Der Apgar-Score".
Der Frauenarzt. 2007;333(48):759-62.
7. Berth, A., Mahlfeld, K., Merk, H.;
"Transabdominal ultrasonography in the diagnosis of lumbar disc herniation ".
Ultraschall Med. 2003;24(6):383-7.
8. Blecher, R., Anekstein, Y., Mirovsky, Y.;
"Incidental Dural Tears During Lumbar Spine Surgery: A Retrospective Case
Study of 84 Degenerative Lumbar Spine Patients".
Asian Spine Journal. 2014;8:639-45.

9. Bosacco, S., Gardner, M., Guille, J.;
"Evaluation and treatment of dural tears in lumbar spine surgery: a review".
Clin Orthop Relat Res. 2001;389:238-47.
10. Bundesamt, Statistisches: Gesundheit, Diagnosedaten der Patienten und Patientinnen in Krankenhäusern (einschließlich Sterbe- und Stundenfälle): Statistisches Bundesamt; 2011
<https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/Gesundheit/Krankenhaeuser/DiagnosedatenKrankenhaus.html>
11. Bundesamt, Statistisches; Bevölkerung nach Altersgruppen und Geschlecht 2012
<http://www.bpb.de/nachschlagen/zahlen-und-fakten/soziale-situation-in-deutschland/61538/altersgruppen>.
12. Burks, C., Werner, B., Yang, S. et al.;
"Obesity Is Associated With an Increased Rate of Incidental Durotomy in Lumbar Spine Surgery".
Spine J. 2015(7):500-4.
13. Cammisa, F., Girardi, F., PK, S.;
"Incidental durotomy in spine surgery".
Spine. 2000;25(20):2263-7.
14. Campbell, P., Hanna, A., Harrop, J.;
"Spinal dural injuries"
The Spine. 2011;2:1720-7.
15. Caspar, W.;
"A New Surgical Procedure for Lumbar Disc Herniation Causing Less Tissue Damage Through a Microsurgical Approach".
Lumbal Disc Adult Hydrocephalus. 1977;4:74-80.
16. Chan, B., Paech, M.; "Persistent cerebrospinalfluid leak: a complication of the spinal-epidural technique".
Anaesth Analg. 2004(98):828-30.

17. Chung, S., Kim, J., Lee, M.;
"Syndrome of cerebral spinal fluid hypovolemia: clinical and imaging features and outcome".
Neurology. 2000(55):1321-7.
18. Clajus, C., Stockhammer, F., Rohde, V.;
"The intra- and postoperative management of accidental durotomy in lumbar spine surgery: results of a German survey".
Acta Neurochir (Wien). 2015;157:525-30.
19. Couture, D., Branch Jr, C.;
"Spinal pseudomeningocles and cerebrospinal fluid fistulas".
Neurosurg Focus. 2003(15(6)):E6.
20. Desai, A., Ball, P., Bekelis, K.;
"Outcomes after incidental durotomy during first lumbar discectomy".
Neurosurgery Spine. 2011(14):647-53.
21. Desai, A., Ball, P., Bekelis, K.;
"SPORT: does incidental durotomy affect long-term outcomes in cases of spinal stenosis?".
Neurosurgery. 2011;69(1):38-44.
22. Deyo, R., Cherkin, D., Loeser, J. et al.;
"Morbidity and mortality in association with operations on the lumbar spine".
J Bone Joint Surg Am. 1992(74):536-43.
23. Du, J., Aichmair, A., Kueper, J. et al.;
"Incidental durotomy during spinal surgery".
Spine. 2014(39):E1339-E45.
24. Eismont, F., Wiesel, S., Rothmann, R.;
"Treatment of dural tears associated with spinal surgery".
J Bone Jt Surgeon (Am). 1981;63:1132-6.

25. Epstein, N.;
"The frequency and etiology of intraoperative dural tears in 110 predominantly geriatric patients undergoing multilevel laminectomy with noninstrumented fusions".
J Spinal Disord. 2007;20(5):380-6.
26. Epstein, N.; "Dural repair with four spinal sealants: focused review of the manufacturers' inserts and the current literature".
Spine J. 2010;10(12):1065-8.
27. Ethicon.
Schon gewusst... 2015 [56].
<http://de.ethicon.com/sites/com.ethicon.de/files/managed-documents/j11b061-schon-gewusst-2015-interaktiv-mit-startseite.pdf>.
28. Felisati, G., Bianchi, A., Lozza, P. et al.;
"Italian multicentre study on intrathecal fluorescein for craniosinusal fistulae".
Acta Otorhinolaryngol Ital. 2008;28(4):159-63.
29. Friedman, J., Ecker, R., Piegras, D. et al.;
"Cerebellar haemorrhage after spinal surgery: report of two cases and literature review".
Neurosurgery. 2002(50):1361-4.
30. Fritsch, E., Heisel, J., Rupp, S.;
"The failed back surgery syndrome: reasons, intraoperative findings and longterm results: a report of 182 treatments".
Spine. 1996(21):626-33.
31. Gautschi, O., Stienen, M., Smoll, N. et al.;
"Incidental durotomy in lumbar spine surgery - a three-nation survey to evaluate its management".
Acta Neurochir (Wien). 2014.

32. Gerardi, F., Camissa, F., Sangani, P.;
"Frequency and sequelae of incidentla durotomy".
Presented at The 14th annual meeting of the North American Spine Society, 1999.
1999.
33. Graham, J.;
"Complications of cervical spine surgery".
Spine. 1989;14:1046-50.
34. Grannum, S., Patel, M., Attar, F. et al.;
"Dural tears in primary decompressive lumbar surgery. Is primary repair necessary
for a good outcome?".
Eur Spine J. 2014;23:904-8.
35. Guerin, P., El Fegoun, A., Obeid, I. et al.;
"Incidental durotomy during spine surgery: incidence, management and
complications. A retrospective review."
Injury. 2012;43(4):397-401.
36. Haft, G., Mendoza, S., Weinstein, S. et al.;
"Use of Beta-2-Transferrin to diagnose CSF Leakage Following Spinal Surgery".
IOWA Orthop J. 2004(24):115-8.
37. Hannalah, D., Lee, J., Khan, M. et al.;
"Cerebrospinal fluid leaks following spinal surgery".
J Bone Joint surg Am. 2008;90:1101-5.
38. Herren, C., Sobottke, R., Mannion, A. et al.;
"Incidental durotomy in decompression for lumbar spinal stenosis: incidence, risk
factors and effect on outcomes in Spine Tango registry".
Eur Spine J. 2017;26:2483-95.
39. Hodges, S., Humphreys, S., Eck, J. et al.;
"Management of incidental durotomy without mandatory bed rest. A retrospective
review of 20 cases".
Spine. 1999;24:2062-4.

40. Hoell, T., Huschak, G., Beier, A. et al.;
"Behandlung spinaler Duraverletzungen".
Trauma Berufskrankheiten. 2009;11:110-6.
41. Hughes, S., Ozgur, B., German, M. et al.;
"Prolonged Jackson-Pratt drainage in the management of cerebrospinal fluid leaks".
Surg Neurol. 2006(65):410-5.
42. Jankowitz, B., Atteberry, D., Gerszten, P. et al.;
"Effect of fibrin glue on the prevention of persistent cerebral spinal fluid leakage after incidental durotomy during lumbar spinal surgery".
Eur Spine J. 2009;18(8):1169-74.
43. Jones, A., Stambough, J., Balderston, R. et al.;
"Long-term results of lumbar spine surgery complicated by unintended incidental durotomy".
Spine 1989;14(4):443-6.
44. Kalevski, S., Peev, N., Haritonov, D.;
"Incidental dural tears in lumbar decompressiv surgery: incidence, causes, treatment, results".
Asian J Neurosurg. 2010;5(1):54-9.
45. Kalff, R., Ewald, C., Waschke, A. et al.;
"Degenerative lumbale Spinalkanalstenose im höheren Lebensalter. Aktuelle Behandlungsoptionen".
Deutsches Ärzteblatt. 2013;37:613-324.
46. Keerl, R., Weber, R., Draf, W. et al.;
"Use of sodium fluorescein solution for detection of cerebrospinal fluid fistulas; an analysis of 420 administrations and reported complications in Europe and the United States".
Laryngoscope. 2004;114:266-72.

47. Khan, M., Rhin, J., Steele, G. et al.;
"Postoperative management protocol for incidental dural tears during surgery: a review of 3183 consecutive degenerative lumbar cases".
Spine. 2006;31(22):2609-13.
48. Kitchel, S., Eismont, F., Green, B.;
"Closed subarachnoid drainage for management of cerebrospinal fluid leakage after an operation on the spine".
J Bone Joint Surg Am. 1989(71):984-7.
49. Klein, S., Woischneck, D., Firsching, F. et al.;
"Die kernspintomographische Darstellung kraniobasaler Liquorfisteln mittels 3D-CISS-Sequenz".
Zentralbl Neurochir. 2000;61(3):150-4.
50. Koo, J., Adamson, R., Wagner Jr, F. et al.;
"A new cause of chronic meningitis: infected lumbar pseudomeningocele".
Am J Med. (86):103-4.
51. Kothe, R., Quante, M., Engler, N. et al.;
"The effect of incidental dural lesions on outcome after decompression surgery for lumbar spinal stenosis: results of a multi-center study with 800 patients".
Eur Spine J. 2016;26:2504-11.
52. Kotilainen, E., Valtonen, S., Carlson, C.;
"Microsurgical treatment of lumbar disc herniation: follow up of 237 patients".
Acta Neurochir (Wien). 1993;120(22):143-9.
53. Lauer, K., Haddox, J.;
"Epidural blood patch as treatment for a surgical duracutaneous fistula".
J Clin Anaesth. 1992(4):45-7.
54. Le, A., Rogers, D., Dawson, E. et al.;
"Unrecognized durotomy after lumbar discectomy: a report of four cases associated with the use of ADCON-L".
Spine. 2001(26):115-7.

55. Lee, K., Hardy Jr, I.;
"Postlaminectomy lumbar pseudomeningocele: report of four cases".
Neurosurgery. 1992(30):111-4.
56. Lippert, H.;
"Wirbelsäule (Columna vertebralis)".
Lehrbuch Anatomie, Urban & Fischer. 2000;5:105-20.
57. Lu, C., Ho, S., Kong, S. et al.;
"Intracranial subdural haematoma after unintended durotomy during spine surgery".
Can J Anaesth. 2002(49):100-2.
58. Malmivaara, A., Slatis, P., Heliovaara, M. et al.;
"Surgical or nonoperative treatment for lumbar spinal stenosis? A randomized controlled trial".
Spine. 2007(32):1-8.
59. Marshall, L.;
"Cerebrospinal fluid leaks: etiology and repair".
The Spine. 1992:1892-9.
60. Maycock, N., van Essen, I., Pfitzner, I.;
"Post laminectomy cerebrospinal fluid fistula treated with epidural blood patch".
Spine. 1994(19);2223-2225.
61. Mayfield, F., Kurokawa, K.;
"Watertight closure of spinal dura mater: technical note".
J Neurosurg. 1975;43:639-40.
62. McArthur, J., Hill, J., Paech, M. et al.;
"Cerebrospinal fluid and serum concentrations of beta-2-microglobulin during pregnancy".
Anaesthesia. 2005(60):163-7.

63. McMahon, P., Dididze, M., Levi, A.;
"Incidental durotomy after spinal surgery: a prospective study in an academic institution".
J Neurosurg Spine. 2012;17:30-6.
64. Mokri, B.;
"Spontaneous cerebrospinal fluid hypovolemia - evolution of a concept".
Mayo Clin Proc. 1999;74:1113-23.
65. Morgan-Hough, C., Jones, P., Eisenstein, S.;
"Primary and revision lumbar discectomy".
J Bone Joint Surg Br. 2003(85):871-4.
66. Moriyama, E., Ogawa, T., Nishida, A. et al.;
"Quantitative analysis of radioisotope cisternography in the diagnosis of intracranial hypotension".
J Neurosurg. 2004(3):421-6.
67. Mulder, M., Crosier, J., Dunn, R.;
"Cauda equina compression by hydrogel dural sealant after a laminotomy and discectomy: case report".
Spine. 2009;34(4):E144-E8.
68. Oitment, C., Aref, M., Almenawar, S. et al.;
"Spinal Dural Repair: A Canadian Questionnaire".
AO Spine. 2018;8:359-64.
69. Papavero, L., Engler, N., Kothe, R.;
"Incidental durotomy in spine surgery: first aid in ten steps".
Eur Spine J. 2015;24:2077-88.
70. Papavero, L., Thiel, M., Fritzsche, E. et al.;
"Lumbar spinal stenosis: prognostic factors for bilateral microsurgical decompression using a unilateral approach".
Neurosurgery. 2009(65):182-7.

71. Park, P., Leveque, J., La Marca, F. et al.;
"Dural closure using the U-clip in minimally invasive spinal tumor resection".
J Spinal Disord Tech. 2010;23:486-9.
72. Patel, M., Louie, W., Rachlin, J.;
"Postoperative cerebrospinal fluid leaks of the lumbosacral spine: management with percutaneous fibrin glue".
AJNR: Am J Neuroradiol. 1996;17:495-500.
73. Puvanesarajah, V., Hassanzadeh, H.;
"The true cost of a dural tear: medical and economic ramifications of incidental durotomy during lumbar discectomy in elderly Medicare beneficiaries".
Spine. 2017;42:770-6.
74. Rampersaud, Y., Moro, E., Neary, M. et al.;
"Intraoperative adverse events and related postoperative complications in spine surgery: implications for enhancing patients safety founded on evidence based protocol".
Spine. 2006;31:1503-10.
75. Rosenberg, W., Mummaneni, P.;
"Transforaminal interbody fusion: technique, complications, and early results".
Neurosurgery. 2001(48):569-75.
76. Ruban, D., O'Toole, J.;
"Management of incidental durotomy in minimally invasive spine surgery".
Neurosurg Focus. 2011;31(4):E 15.
77. Saxler, G., Krämer, J., Barden, B. et al.;
"The long-term clinical sequelae of incidental durotomy in lumbar disc surgery".
Spine. 2005;30:2298-302.
78. Schiebler, T., Schmidt, W., Zilles, K.;
"Wirbelsäule".
Anatomie. 1999(8):222-6.

79. Schünke, M., Schulte, E., Schumacher, U. et al.;
"Knochen, Bänder und Gelenke".
Prometheus LernAtlas der Anatomie - Allgemeine Anatomie und
Bewegungssystem 2005;1:76-117.
80. Shaffrey, C., Spotnitz, W., Shaffrey, M. et al.;
"Neurosurgical applications of fibrin glue: augmentation of dural closure in 134
patients".
Neurosurgery. 1990;26:207-10.
81. Shapiro, S., Scully, T.;
"Closed continous drainage of cerebrospinal fluid via a lumbar subarachnoid
catheter for treatment or prevention of cranial/spinal fluid fistula".
Neurosurgery. 1992(30):241-5.
82. Silvers, H., Lewis, P., Asch, H.;
"Decompressive lumbar laminectomy for spinal stenosis".
J Neurosurg. 1993;78:695-701.
83. Sin, A., Caldito, G., Smith, D. et al.;
"Predictive factors for dural tear and cerebrospinal fluid leakage in patients
undergoing lumbar surgery".
Neurosurg Spine. 2006;5:224-7.
84. Smith, M., Bolesta, M., Leventhal, M. et al.;
"Postoperative cerebrospinal fluid fistula associated with erosion of the dura".
J Bone Joint Surgery (Am). 1992;74:270-7.
85. Stambough, J., Templin, C., Collins, J.;
"Subarachnoid drainage of an established or chronic pseudomeningocele".
J Spinal Disord. 2000(13):39-41.
86. Stolke, D., Sollmann, W., Seifert, V.;
"Intra- and postoperative complications in lumbar disc surgery".
Spine. 1989;14:56-9.

87. Strömqvist, F., Jönsson, B., Strömqvist, B.;
"Dural lesions in lumbar disc herniation surgery: incidence, risk factors, and outcome".
Eur Spine J. 2010;19:439-42.
88. Strömqvist, F., Jönsson, B., Strömqvist, B.;
"Swedish Society of Spinal Surgeons: Dural lesions in decompression for lumbar spinal stenosis: incidence, risk factors and effect on outcome".
Eur Spine J. 2012(21):825-8.
89. Tafazal, S., Sell, P.;
"Incidental durotomy in lumbar spine surgery: incidence and management".
Eur Spine J. 2005;14:287-90.
90. Takahashi, Y., Sato, T., Hyodo, H. et al.;
"Incidental durotomy during lumbar spine surgery: risk factors and anatomic locations".
J Neurosurg Spine. 2013;18(2):165-9.
91. Takeda.
TachoSil® – ruhig Blut! Blutstillung und Versiegelung in einem. 2014
https://www.takeda.com/siteassets/de-de/home/fachkreise/tachosil_basisfolder_compressed.pdf
92. Than, K., Wang, A., Etame, A. et al.;
"Postoperative management of incidental durotomy in minimally invasive lumbar spinal surgery".
Minim Invasive Neurosurg. 2008(51):263-6.
93. Thomé, C., Börm, W., Meyer, F.;
"Die degenerative lumbale Spinalkanalstenose".
Deutsches Ärzteblatt. 2008;20:373-9.
94. Trepel, M.;
"Liquor- Ventrikelsystem und Hirnhäute".
Neuroanatomie. 2004;3:249-58.

95. Uhlenbrock, D.;
"Kernspintomographie der Wirbelsäule und des Spinalkanals".
Radiologische Diagnostik - Thieme. 1992;Bd. XII.
96. Ulrich, N., Burgstaller, J., Brunner, F. et al.;
"The impact of incidental durotomy on the outcome of decompression surgery in degenerative lumbar spinal canal stenosis: analysis of the Lumbar Spinal Outcome Study (LSOS) data - a Swiss prospective multi-center cohort study".
BMC Musculoskeletal Disorders. 2016;17(170).
97. Vakharia, S., Thomas, P., Rosenbaum, A. et al.;
"Magnetic resonance imaging of cerebrospinal fluid leak and tamponade effect of blood patch in postpuncture headache".
Anaesth Analg. 1997(84):585-90.
98. Waisman, M., Schweppe, Y.;
"Postoperative cerebrospinal fluid leakage after lumbar spine operations. Conservative treatment."
Spine. 1991(16):52-3.
99. Wang, J., Bohlmann, H., Riew, D.;
"Dural tears secondary to operations on the lumbar spine: management and results after a two-year-minimum follow-up of eighty-eight patients".
J Bone Jt Surgery (Am). 1998;80:1728-32.
100. Weber, C., Piek, J., Gunawan, D.;
"Health care costs of incidental durotomies and postoperative cerebrospinal fluid leaks after elective spinal surgery".
Eur Spine J. 2015;24:2065-8.
101. Weinstein, B., Tosteson, T., Lurie, J.;
"Surgical versus nonsurgical treatment for lumbar spinal stenosis".
N Engl J Med. 2008;358:794-810.

102. Weinstein, J., Tosteson, T., Lurie, J. et al.;
"Surgical vs nonoperative treatment of lumbar disc herniation: the Spine Patients Outcome Research Trial (SPORT): a randomized trial".
JAMA. 2006;296:2441-50.
103. Weng, Y., Cheng, C., Li, Y. et al.;
"Management of giant pseudomeningoceles after spinal surgery".
BMC Musculoskelet Disord. 2010;11:53.
104. West, J.I., Ogilvie, J., Bradford, D.;
"Complications of the variable screw plate pedicle screw fixation".
Spine. 1991(16):576-9.
105. Wilhelm, W.;
"Neuroprotektion". Praxis der Intensivmedizin: konkret, kompakt, interdisziplinär
Springer. 2013;2:812-3.
106. Williams, B., Sansur, C., Smith, J. et al.;
"Incidence of unintended durotomy in spine surgery based on 108.278 cases".
Neurosurgery. 2011;68:117-24.
107. Yoshihara, H., Yoneoka, D.;
"Incidental dural tear in spine surgery: analysis of a nationwide database".
Eur Spine J. 2014(23):389-94.

9. Abkürzungsverzeichnis

Abb.	Abbildung
CRP	C reaktives Protein
CSF	Cerebrospinal fluid = Liquor
CT	Computertomographie
exkl.	exklusiv
ggf.	gegebenenfalls
Hg	Quecksilber
HWS	Halswirbelsäule
iDV	intraoperative Duraverletzung
IMC	Intermediate Care Station
i. S.	im Sinne
ITS	Intensivstation
iOT	individuelle Operationstechnik
i.v.	intravenös
LF	ligamentum flavum
Lig.	Ligament
LWS	Lendenwirbelsäule
MRT	Magnetresonanztomographie
o.g.	oben genannt
OP	Operation
p.a.	per annum
PEEP	positiver endexpiratorische Druck
PLIF	Posterior Lumbar Interbody Fusion
Proc.	Processus
PRT	Periradikuläre Therapie
REM	Rasterelektronenmikroskop
SK	Schön Klinik Hamburg Eilbek
SKS	Spinalkanalstenose
STIR	Short - Tau Inversion Recovery (Fett – Signal - Unterdrückung)
Tab.	Tabelle
TLIF	Transforaminal Lumbar Interbody Fusion
u.a.	unter anderem
u.U.	unter Umständen

UV	Ultraviolett
v.a.	vor allem
Ztpkt.	Zeitpunkt

10. Danksagung

Die vorliegende Dissertation wurde in der Klinik für Spinale Chirurgie der Schön Klinik Hamburg Eilbek, Akademisches Lehrkrankenhaus der Universität Hamburg angefertigt.

Herrn Prof. Dr. med. Luca Papavero möchte ich herzlich für die Überlassung des Themas, sowie der zahlreichen konstruktiven Gespräche bedanken, die entscheidend zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben.

Ich danke auch Herrn PD Dr. med. Ralph Kothe, der ebenfalls als Ansprechpartner für diese Dissertation zur Verfügung stand.

Meinen Eltern Jutta und Jürgen Engler, sowie meiner Zwillingsschwester Britta Engler danke ich liebevoll für die fortwährende Unterstützung bis zur Fertigstellung dieser Arbeit.

Ein besonderer Dank gilt meiner Ehefrau Dr. med. Anne Engler für die andauernde Motivation, die große Unterstützung und vor allem Geduld.

11. Lebenslauf

Lebenslauf aus datenschutzrechtlichen Gründen nicht enthalten

12. Bisherige Publikationen

Publikationen

Püschel K., Mumbauer R., Engler N., Miemann T., Wischhusen F.

“Keine erhöhten Sterberaten im Sommer 2003 als mögliche Folge großer Hitze“

Hamburger Ärzte Blatt, p. 350 – 351, 8/2005

Papavero L., Engler N., Kothe R.

“Incidental durotomy in spine surgery: first aid in ten steps”

European Spine Journal; J 24: 2077-2084, 2015

Kothe R., Quante M., Engler N., Heider F., Kneissl J., Pirchner S., Siepe C. (2016)

“The effect of incidental dural lesions on outcome after decompression surgery for lumbar spinal stenosis: results of a multi-center study with 800 patients”

European Spine Journal; J 26: 2504-2511, 2016

Vorträge

Im Rahmen der folgenden Vorträge wurde das Schema BIRD DOVE, MD im internationalen Rahmen durch verschiedene Mitarbeiter der Klinik für Spinale Chirurgie der Schön Klinik Hamburg Eilbek vorgestellt:

DWG Zertifikat Modul 6: Intradurale Pathologien: Duraverletzungen

Ärztseminar Hamburg;

20.04.2013

Hamburg, Deutschland

Einfluss der Duraverletzung auf das klinische Outcome nach Dekompression bei lumbaler Spinalkanalstenose: Ergebnisse einer Multicenter-Studie mit 980 Patienten.

9. Jahrestagung der DWG

12.12.2014

Leipzig, Deutschland

Incidental dura lesions and the effect on outcome after decompression for lumbar spinal stenosis: results of a multicenter study with 980 patients.

Eurospine 2015

02.-04.09.2015

Kopenhagen, Dänemark

Duraleck – was nun?

64. Jahrestagung der Norddeutschen Orthopäden- und Unfallchirurgenvereinigung.

17.06.2016

Hamburg, Deutschland

Management von intraoperativen Duraverletzungen

198. Tagung der Vereinigung Norddeutscher CHirurgen,

24.-26.11.2016

Hamburg, Deutschland

AO Spine Advanced level Simulated Bioskills Course

Management of CSF-leaks and dura repair

11.-14.12.2016

Davos, Schweiz

NSpine Main Conference

Microsurgical dural repair techniques

12-15.06.2017

London, England

Iatrogene Duraverletzung – wie versorgen?

135. Kongress Deutsche Gesellschaft für Chirurgie.

19.04.2018

Berlin, Deutschland

Häufigkeit, Risikofaktoren und Management von Duraverletzungen.

Fortgeschrittener Kurs der Akademie der DWG – Modul 2a

24.08.2018

Leipzig, Deutschland

13. 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: