Aus der Klinik für Neurochirurgie

(Prof. Dr. med. V. Rohde)

im Zentrum Neurologische Medizin

der Medizinischen Fakultät der Universität Göttingen

---

# Risikofaktoren postoperativer Infektionen nach spinalen neurochirurgischen Eingriffen und Nutzen einer perioperativen Antibiotikaprophylaxe

INAUGURAL-DISSERTATION

zur Erlangung des Doktorgrades

der Medizinischen Fakultät der

Georg-August-Universität zu Göttingen

vorgelegt von

Cecilie Schumpelick-Garbe

(geb. Schumpelick)

aus Hamburg

Göttingen 2014

Dekan: Prof. Dr. rer. nat. H. K. Kroemer

I. Berichterstatter/in: Priv.-Doz. Dr. med. A. Gutenberg

II. Berichterstatter/in: Priv.-Doz. Dr. med. A. Spreer

III. Berichterstatter/in: Prof. Dr. hum. biol. M. Schön

Tag der mündlichen Prüfung: 15. April 2015

**1 Einleitung ... 1**
1.1 Postoperative Infektionen in der Neurochirurgie ... 1
1.2 Einflussfaktoren für Infektionen ... 3
1.3 Effizienz einer perioperativen Antibiotikaprophylaxe ... 4
1.4 Zielsetzung ... 7

**2 Material und Methoden ... 8**
2.1 Patientengut ... 8
2.2 Datenerhebung ... 9
2.3 Infektionskategorien ... 9
2.4 Operationsgruppen ... 10
2.4.1 Operationsgruppe I: Wirbelsäuleneingriffe ... 11
2.4.2 Operationsgruppe II: Schmerzeingriffe ... 12
2.4.3 Operationsgruppe III: Periphere Nerveneingriffe ... 12
2.4.4 Operationsgruppe IV: Sonstige Eingriffe ... 13
2.5 Risiko- und Einflussfaktoren ... 13
2.5.1 Alter und Geschlecht ... 13
2.5.2 Operationsdauer ... 14
2.5.3 Liegedauer ... 14
2.5.4 Intensivaufenthalt ... 14
2.5.5 Ambulante versus stationäre Eingriffe ... 15
2.6 Perioperative Antibiotikaprophylaxe ... 15
2.7 Keimspektrum ... 15
2.8 Komplikationsfolge: Revisionseingriffe ... 16
2.9 Statistik ... 16

**3 Ergebnisse ... 17**
3.1 Allgemeine Statistik der Operationsgruppen ... 17
3.1.1 Operationsgruppe I: Wirbelsäuleneingriffe ... 18
3.1.2 Operationsgruppe II: Schmerzeingriffe ... 19
3.2 Infektionen ... 20
3.3 Primäre Infektionen ... 21
- Operationsgruppen ... 21
- Alters- und Geschlechterverteilung ... 22
- Operationsdauer ... 23
- Liegedauer ... 24
- Intensivaufenthalt ... 25
- Ambulante versus stationäre Eingriffe ... 25

- Keimspektrum ..... 25

3.4 Sekundäre Infektionen ..... 26
- Operationsgruppen ..... 27
- Alters- und Geschlechterverteilung ..... 28
- Operationsdauer ..... 31
- Liegedauer ..... 33
- Intensivaufenthalt ..... 36
- Ambulante versus stationäre Eingriffe ..... 37
- Perioperative Antibiotikaprophylaxe ..... 37
- Keimspektrum ..... 40

3.4.1 Wirbelsäuleneingriffe (Gruppe I) ..... 44
- Alters- und Geschlechterverteilung ..... 46
- Operationsdauer ..... 47
- Liegedauer ..... 48
- Perioperative Antibiotikaprophylaxe ..... 49
- Keimspektrum ..... 50

3.4.2 Schmerzeingriffe (Gruppe II) ..... 51
- Alters- und Geschlechterverteilung ..... 51
- Operationsdauer ..... 52
- Liegedauer ..... 52
- Perioperative Antibiotikaprophylaxe ..... 53
- Keimspektrum ..... 54

3.4.3 Periphere Nerveneingriffe (Gruppe III) ..... 54
- Alters- und Geschlechterverteilung ..... 54
- Operationsdauer ..... 55
- Liegedauer ..... 55
- Perioperative Antibiotikaprophylaxe ..... 55
- Keimspektrum ..... 56

3.4.4 Sonstige Eingriffe (Gruppe IV) ..... 56

3.5 Allgemein- und Simultaninfektionen ..... 56
- Operationsgruppen ..... 57
- Alters- und Geschlechterverteilung ..... 58
- Operationsdauer ..... 59
- Liegedauer ..... 60
- Ambulante versus stationäre Eingriffe ..... 61
- Intensivaufenthalt ..... 61
- Perioperative Antibiotikaprophylaxe ..... 61
- Keimspektrum ..... 64

3.6 Perioperative Antibiotikaprophylaxe ..... 68
- Operationsgruppen ..... 68
- Alters- und Geschlechterverteilung ..... 69

- Operationsdauer ..... 70
- Liegedauer ..... 71
- Intensivaufenthalt ..... 71
- Ambulante versus stationäre Eingriffe ..... 72
- Perioperative Antibiotikaprophylaxe bei Eingriffen ohne primäre Infektion ..... 72
- Komplikationsfolge: Revisionseingriffe ..... 73

**4 Diskussion ..... 74**

4.1 Postoperative Infektionen in der Neurochirurgie ..... 74

4.1.1 Sekundäre Infektionen nach spinalen Eingriffen ..... 75

4.1.2 Allgemeininfektionen ..... 76

4.2 Die Risikofaktoren ..... 77

4.2.1 Operationsgruppen ..... 79

*4.2.1.1 Wirbelsäuleneingriffe (Gruppe I) ..... 80*

*4.2.1.2 Schmerzeingriffe (Gruppe II) ..... 85*

*4.2.1.3 Periphere Nerveneingriffe (Gruppe III) ..... 85*

4.2.2 Alters- und Geschlechterverteilung ..... 86

4.2.3 Operationsdauer ..... 87

4.2.4 Liegedauer ..... 88

4.2.5 Intensivaufenthalt ..... 90

4.2.6 Revisionseingriffe ..... 91

4.3 Die Antibiotikaprophylaxe ..... 91

4.4 Das Keimspektrum ..... 96

4.5 Diskussion der Methode ..... 100

**5 Zusammenfassung ..... 102**

**6 Anhang ..... 105**

6.1 Abkürzungsverzeichnis ..... 105

6.2 Abbildungsverzeichnis ..... 107

6.3 Tabellenverzeichnis ..... 109

6.4 Access-Erhebungsbogen ..... 112

**7 Literaturverzeichnis ..... 113**

# 1 Einleitung

Nosokomialinfektionen werden Krankenhausinfektionen genannt und sind zu unterscheiden von ambulant erworbenen Infektionen. Auf das Operationsgebiet bezogene postoperative Nosokomialinfektionen werden im Englischen als *surgical site infections* (SSI) bezeichnet. Sie sind abzugrenzen von nicht-operationsbezogenen Nosokomialinfektionen, wie beispielsweise Infektionen der Harnwege oder der Atemwege sowie systemischen Entzündungsreaktionen (Septitiden).

Den Daten des Nationalen Referenzzentrums für die Surveillance von nosokomialen Infektionen in Deutschland von 2012 zufolge treten Nosokomialinfektionen in deutschen Krankenhäusern mit einer Prävalenz von 3,33% auf (Behnke et al. 2012). Damit gehören sie zu den häufigsten Infektionen und sind bei 10000 bis 15000 Patienten jährlich in Deutschland die Todesursache (Gastmeier und Geffers 2008). Unter den Nosokomialinfektionen stellen postoperative Wundinfektionen mit einem Anteil von 24,7% die häufigsten Infektionen dar (Behnke et al. 2012).

Gleichzeitig kann im Zusammenhang mit dem sich vergrößernden Problem der Antibiotikaresistenz in den letzten Jahren eine deutliche Zunahme der Antibiotikaanwendung beobachtet werden (Behnke et al. 2012).

Diese Arbeit beschäftigt sich retrospektiv mit den Nosokomialinfektionen nach neurochirurgischen Eingriffen an der Wirbelsäule und dem peripheren Nervensystem. Im Mittelpunkt dieser Studie stehen die Risikofaktoren für postoperative Infektionen und die Rolle einer Antibiotikaprophylaxe zur Senkung der Infektionsrate.

## 1.1 Postoperative Infektionen in der Neurochirurgie

Insgesamt variieren die Infektionsraten stark in verschiedenen publizierten Studien. Verglichen mit dem übrigen Bewegungsapparat wird bei den spinalen neurochirurgischen Eingriffen eine höhere Inzidenz beschrieben (Kang et al. 2010; Lazennec et al. 2011). Die Gesamt-SSI gelten in der Neurochirurgie als selten (Lietard et al. 2008). Die Infektionsrate liegt aufgrund des meist geringen Wundkontaminationsgrads neurochirurgischer Eingriffe wesentlich unter der der allgemeinchirurgischen Abteilungen (Erman et al. 2005; Wacha et al. 2010).

Es werden Gesamtinfektionsraten von null bis 20% für spinale Eingriffe registriert (Beiner et al. 2003; Kanafani et al. 2006; Kang et al. 2010; Lazennec et al. 2011; Weinstein et al. 2000). Diese grobe Streuung resultiert zum einen aus der Heterogenität und der unterschiedlichen Qualität der Studien, zum anderen aus der Inhomogenität der Eingriffe und der Diagnosen (Kanafani et al. 2006; Olsen et al. 2003). Eingriffe bei Tumorerkrankungen, nach Traumata und solche unter Nutzung von Fremdkörpermaterial sind in der Literatur häufig beispielsweise mit einem höheren Risiko einer postoperativen Infektion verbunden (Blam et al. 2003; Lazennec et al. 2011; Olsen et al. 2003). Im Infektionsfall kann es bei neurochirurgischen Eingriffen an der Wirbelsäule zu schwerwiegenden Komplikationen kommen (Hosein et al. 1999; Martin und Yuan 1996; Mauer und Kunz 2007; Weinstein et al. 2000). Diese verzögern nicht nur den Heilungsprozess, sondern können zu dramatischen Konsequenzen mit ausgeprägten neurologischen Ausfällen, Funktionsverlust, Sepsis und bis hin zum Tod führen (Hlavin et al. 1990; Iacob et al. 2007; Kang et al. 2010; Mauer und Kunz 2007). Ein erhöhtes Risiko für die Entwicklung nosokomialer Infektionen ist zudem assoziiert mit einer Verlängerung der Krankenhausliegedauer (Ilic und Markovic-Denic 2009; Kanafani et al. 2006; Kang et. Al 2010; Olsen et al. 2003). Auch die Mortalität wird durch die durch Infektionen folgende notwendige chirurgische Interventionen und Langzeitanibiotikatherapie erhöht (Kang et al. 2010; Olsen et al. 2008).

Durch die Korrelation der Infektionsrate mit einer erhöhten Komplikationsrate ergeben sich konsequenterweise Folgekosten für das Gesundheitssystem. SSI stellen somit nicht nur ein medizinisches, sondern auch ein ökonomisches Problem dar (O'Neill et al. 2011). Eine Verminderung der Infektionsrate bedeutet neben der Vermeidung schwerwiegender medizinischer Komplikationen eine Senkung der Krankenhausliegedauer und damit einer Senkung der Gesundheits- und Krankenhausmehrkosten (Calderone et al. 1996; Erman et al. 2005; Olsen et al. 2003; Pull ter Gunne und Cohen 2009). In den letzten Jahren konnte bei sinkender Mortalität durch spinale Infektionen eine gleichzeitige Zunahme spinaler Infektionsraten beobachtet werden. Dies kommt einerseits zustande durch komplexere Operationsprozeduren mit längeren und multisegmentalen Operationen, vermehrter Nutzung von Fremdkörpermaterial sowie der Zunahme von Schmerzinfiltrationen und andererseits durch

den demographischen Wandel mit Operationen von immer älteren und polymorbiden Patienten (Börm und Meyer 2008; Erman et al. 2005).

Die alleinige Angabe von Gesamtinfektionsraten reicht zur Beurteilung der Infektsituation und des Infektrisikos in einer Klinik nicht aus. Auch Eingriffsarten, Risikofaktoren für Infektionen und andere Begleitumstände wie die Durchführung und Handhabung einer perioperativen Antibiotikaprophylaxe müssen berücksichtigt werden. Es ergibt sich die Notwendigkeit, über die Aufarbeitung der Infektionsfälle diese Zusammenhänge zu erkennen und damit geeignete prophylaktische Maßnahmen und - im Infektionsfall - Gegenmaßnahmen einzuleiten.

## 1.2 Einflussfaktoren für Infektionen

Zur Prävention von Infektionsfällen müssen potentielle Einfluss- oder Risikofaktoren ermittelt werden.

Als mögliche Einflussfaktoren für postoperative Infektionen gelten in der Literatur unter anderem:

- Alter und Geschlecht
- Krankenhausliegedauer (Tage)
- Haarrasur (durchgeführt/nicht durchgeführt)
- Vorhandensein einer perioperativen Antibiotikaprophylaxe
- Operationszugang (ventral, dorsal)
- Operationsart und Lokalisation des Eingriffs
- Fremdkörperimplantationen
- Operationsdauer (Minuten)
- Revisionseingriffe
- Intensivaufenthalt (Stunden)
- vorbestehende Kontamination oder beispielsweise nasale Kolonisation mit resistenten Erregern
- Komorbiditäten

(Apisarnthanarak et al. 2003; Blam et al. 2003; Epstein 2011; Erman et al. 2005; Kanafani et al. 2006; Lietard et al. 2008; Olsen et al. 2003; Olsen et al. 2008).

## 1.3 Effizienz einer perioperativen Antibiotikaprophylaxe

Eine „perioperative Antibiotikaprophylaxe ist bei operativen Eingriffen in der Regel eine kurzzeitige, meist einmalige Gabe eines Antibiotikums kurz vor, bei Beginn oder spätestens während eines operativen Eingriffs“ (Wacha et al. 2010, S. 71). Damit sollen postoperative lokale Wundkomplikationen sowie systemische Infektkomplikationen vermieden werden (Wacha et al. 2010). Um einen wirksamen Antibiotikaspiegel für den folgenden Eingriff zu erhalten, wird die intravenöse Verabreichung der Prophylaxe zwischen 30 bis 60 Minuten präoperativ (Epstein 2011; Lazennec et al. 2011; Olsen et al. 2008), beispielsweise bei Narkoseeinleitung, favorisiert. Eine erst postoperativ begonnene Antibiotikaprophylaxe erzielt meist nicht den gewünschten Effekt der Senkung der Infektionsrate (Takahashi et al. 2009). Erst ein optimaler Serumspiegel des Antibiotikums verhindert eine Inokulation des Gewebes mit Erregern. Die prolongierte Antibiotikaprophylaxe ist umstritten und führt eher zu Resistenzentwicklungen als zur Senkung der Infektionsrate (Epstein 2011). Meistens wird eine Einmalgabe oder auf den Operationstag begrenzte Verabreichung empfohlen (Fujiwara et al. 2000; Petignat et al. 2008). Eine Antibiotibiotikprophylaxe über 2 Tage postoperativ hinaus trägt nicht zu einer zusätzlichen Minderung der Anzahl der Infektionen bei (Takahashi et al. 2009). Grundsätzlich wird eine Anpassung des Antibiotikums an das jeweilige Keimspektrum des Operationsgebietes empfohlen (Iacob et al. 2007). Die Halbwertszeit des Antibiotikums sollte in Knochen und Serum ausreichend lang sein, um in das subkutane und muskuläre Gewebe sowie die Zwischenwirbelscheiben penetrieren zu können (Mastronardi und Tatta 2004). Eine wiederholte Verabreichung in Abhängigkeit von der jeweiligen Halbwertszeit des Antibiotikums bei länger andauernden Eingriffen wird in einigen Publikationen für sinnvoll erachtet (Wacha et al. 2010).

Für spinale neurochirurgische Eingriffe werden häufig Cephalosporine der 1. Generation - bevorzugt Cefazolin, mit guter Wirksamkeit gegen grampositive Bakterien wie Staphylokokken - sowie Aminopenicilline in Kombination mit Beta-Lactamase-Inhibitoren empfohlen (Lazennec et al. 2011; Wacha et al. 2010). Aber auch Cephalosporine der 2. Generation - beispielsweise Cefuroxim, mit erhöhter Beta-

Lactamase-Stabilität - oder Vancomycin bei Penicillinallergie kommen zum Einsatz (Epstein 2011). Zur besseren Bekämpfung des Methicillin-resistenten Staphylococcus aureus (MRSA) wird in einigen Fällen zusätzlich Gentamicin verabreicht (Epstein 2011). Bei spinalen Eingriffen ohne Instrumentation hat sich bereits der Einsatz einer perioperativen Antibiotikaprophylaxe mit Senkung der Infektionsrate bewährt (Petignat et al. 2008). Nach neueren Erkenntnissen wird zur effizienten Senkung der Infektionen bei spinalen Eingriffen mit Instrumentation zusätzlich zur intravenösen Antibiotikaprophylaxe auch Vancomycin-Pulver lokal empfohlen (O'Neill et al. 2011; Sweet et al. 2011).

In der neurochirurgischen Literatur existieren seit den letzten Jahrzehnten kontroverse Ansichten hinsichtlich der Effizienz oder des Nutzens einer perioperativen Antibiotikaprophylaxe (Haines 1980; Hosein et al. 1999; Le et al. 2006; Mastronardi und Tatta 2004). Trotz des geringen Infektionsrisikos für spinale Eingriffe wird oft eine perioperative Antibiotikagabe zur Infektionsprophylaxe gegeben (Beiner et al. 2003). Sie verhindert bei sauberen Wunden die Infizierung durch die physiologisch vorkommende Keimflora (Rimoldi und Haye 1996). Die meisten Neurochirurgen setzen Antibiotika routinemäßig zur Infektionsprophylaxe ein (Cacciola et al. 2001; Iacob et al. 2007). Bereits 1944 wurden bei Wirbelsäuleneingriffen durch Pennybacker et al. erfolgreich perioperative Antibiotikaprophylaxen durchgeführt, und auch später zeigte sich in der spinalen Chirurgie die perioperative Antibiotikaprophylaxe als effizient (Barker 2002; Mastronardi und Tatta 2004; Olsen et al. 2008; Schnöring und Brock 2003; Sweet et al. 2011; Watters et al. 2009). Eine einmalige Gabe von Cefuroxim präoperativ führte nach Petignat et al. (2008) zu einer signifikanten Senkung der Infektionsrate. Für das Prinzip einer Antibiotikaprophylaxe spricht eine Metaanalyse von Haines und Walters (1994), in der in Institutionen mit einer Grundinfektionsrate von mehr als 5% das Infektionsrisiko unter Antibiotikabehandlung bei Fremdkörperimplantation um 50% gesenkt werden konnte. Korinek et al. beschrieben 2008 den Nutzen einer perioperativen Antibiotikaprophylaxe bei Eingriffen mit einem niedrigen Risikopotential wie Wundinfekten. Dagegen wurde die Entwicklung von Meningitiden kaum beeinflusst, und es kam eher zu Resistenzentwicklungen (Korinek et al. 2008). Geraghty und Feely (1984) zeigten die Effizienz einer perioperativen Antibiotikaprophylaxe durch Senkung der Infektionsrate um 2,5%. Jedoch empfahlen sie bei einem allgemein niedrigen Infektionsrisiko den Einsatz eingehend abzuwägen (Geraghty

und Feely 1984). Postoperative Infektionen werden durch die Prophylaxe nicht vollständig ausgemerzt und ein leichtfertiger Einsatz oder Missbrauch sollte verhindert werden (Kanafani et al. 2006; Watters et al. 2009). Es stellt sich die Frage, ob eine Senkung der Infektionsrate zu Lasten einer gleichzeitigen Zunahme von Resistenzen sinnvoll ist (Korinek et al. 2008; Rubinstein et al. 1994). Bei niedrigeren Grundinfektionsraten einer Institution könnten allerdings auch ohne eine antibiotische Prophylaxe niedrige Infektionsraten erreicht werden (Haines und Walters 1994). Zudem könnte eine streng praktizierte Asepsis im Operationssaal mit reduziertem Personalverkehr und steriler, sorgfältiger Operationstechnik mit häufigem Handschuhwechsel, kürzerer Operationszeit sowie die Identifikation von Risikofaktoren ebenfalls das Infektionsrisiko verkleinern (Berney 1978; Epstein 2011). Nicht immer wird demnach ein Vorteil durch eine perioperative Antibiotikaprophylaxe zur Vermeidung einer postoperativen Infektion beschrieben (Haines 1980). Von einigen Autoren wird eine perioperative Antibiotikaprophylaxe aufgrund des fehlenden Kosten-Nutzen-Faktors abgelehnt. Es ist unklar, ob eine perioperative Antibiotikatherapie wirklich dazu beitragen kann, das bereits niedrige Infektionsrisiko zu minimieren oder sogar zu verhindern (Barker 2002; Iacob et al. 2007; Korinek 1997; Valentini et al. 2008). Neben dem Anstieg resistenter Erreger kann es zu Superinfektionen, allergischen oder toxischen Medikamentenreaktionen und letztlich Mehrkosten kommen (Barker 2002; Dempsey et al. 1988; Iacob et al. 2007; Kanafani et al. 2006; Korinek et al. 2008). Nach Calderone et al. (1996) lägen die Kosten in Folge schwerwiegender Infektkomplikationen allerdings weitaus höher als durch eine Antibiotikaprophylaxe entstehen würden. In diesen Fällen würde eine perioperative Antibiotikaprophylaxe „unabhängig von Risikofaktoren auch ohne wissenschaftlichen Beleg durch entsprechende klinische Studien empfohlen“ werden (Wacha et al. 2010, S. 72).

Es wird eine perioperative Antibiotikaprophylaxe an das individuelle Risikoprofil und den Immunstatus, den Eingriffstyp, die lokale Epidemiologie und das für das Operationsgebiet abhängige Erregerspektrum - meist Staphylococcus aureus - und pharmakokinetisch angepasst empfohlen. Das Antibiotikum sollte demnach wirksam und dennoch nebenwirkungsarm sowie mit ausreichender Halbwertszeit für Penetration in das Gewebe und kostengünstig sein (Iacob et al. 2007; Schnöring und Brock 2003; Wacha et al. 2010).

## 1.4 Zielsetzung

Das Ziel dieser Arbeit ist es, Einflussfaktoren für postoperative Infektionen nach primär aseptischen spinalen Eingriffen zu identifizieren und die Effizienz einer Antibiotikaprophylaxe bei postulierter niedriger Infektrate zu ermitteln. Die Vorteile einer perioperativen Antibiotikaprophylaxe mit Reduktion postoperativer Infektionen sollen hervorgehoben und den Nachteilen gegenübergestellt werden.

Folgende Hypothesen werden im Rahmen dieser Arbeit überprüft:

- Die Art des Eingriffs und das Operationsgebiet wirken sich auf die Infektionsrate und die Infektionsart aus.
- Es existieren Unterschiede der Bedeutung von Risikofaktoren. Operationsgruppen gelten als wichtiger Risikofaktor.
- Eine perioperative Antibiotikaprophylaxe mit einem kurzen Therapieregime bei komplexen Eingriffen senkt die Infektionsrate.
- Abhängig von der Eingriffsart und der Operationslokalisation existieren unterschiedliche Keimspektren.

# 2 Material und Methoden

## 2.1 Patientengut

In dieser Studie wurden retrospektiv Daten von Patienten erfasst, die sich vom 1. Januar 2002 bis zum 31. März 2004 in der Klinik für Neurochirurgie der Universitätsmedizin Göttingen einer oder mehreren Operation an der Wirbelsäule oder am peripheren Nervensystem unterzogen hatten. Elektive und nicht elektive Eingriffe sowie Patienten jeden Alters und jeden Geschlechts wurden eingeschlossen. Es wurden sowohl primär aseptische Eingriffe als auch primär septische Eingriffe berücksichtigt. Einige Patienten wurden im selben Aufenthalt mehrfach an verschiedenen Lokalisationen operiert oder operativ revidiert, wobei die Anzahl der einzelnen Operationen ebenfalls erfasst wurde.

In dieser Studie konnten, ausgehend von 2981 Operationen, insgesamt 1495 Eingriffe bei 1163 Patienten ermittelt werden (Abb. 1). Die Patienten wurden am Ende des stationären Aufenthaltes nicht erneut systematisch untersucht, sondern bei postoperativen Beschwerden zur Wiedervorstellung angehalten. Im Falle einer postoperativen Infektion wurde angenommen, dass die Erfassung über eine Wiedervorstellung in der Klinik gelang. Ausgeschlossen von dieser Studie wurden intrakranielle Eingriffe (n=1422) sowie solche außerhalb des beschriebenen Zeitraums. Ebenfalls nicht berücksichtigt wurden neurochirurgische Eingriffe (n=64), die aufgrund lückenhafter Aktenlage und Datenmangels nicht eindeutig zuzuordnen und einzuteilen waren.

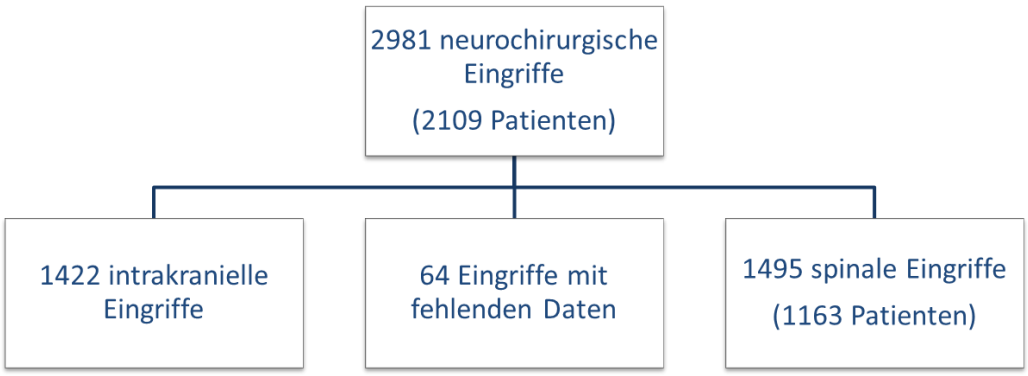


*Abb. 1. Eingriffe unterteilt in spinale, intrakranielle und Eingriffe mit fehlender Datenlage*

## 2.2 Datenerhebung

Anhand der Daten aus Patientenakten mit Informationen aus Arztbriefen, Operationsberichten, Krankenunterlagen, Labor- und mikrobiologischen Abstrichergebnissen wurde auf einem eigens von der Arbeitsgruppe für die Studie entworfenen mehrfach überarbeiteten Erhebungsbogen unter Nutzung von Microsoft Office Access für Windows (Microsoft Access 2003, Anhang) eine Datenbank über den genannten Zeitraum generiert. Im weiteren Verlauf wurden diese Daten in Microsoft Office Excel 2003 und SPSS Version 11.0 transferiert und ausgewertet.

Die verschiedenen Eingriffe zeichnen sich durch ein inhomogenes Risikoprofil für die Entwicklung von Komplikationen und Infektionen aus. Für eine optimale und zielgerichtete Auswertung der Ergebnisse bedarf es einer Homogenisierung des Patientenkollektivs mit ähnlichem Risikoprofil. Hierfür wurden die Eingriffe anhand der Literatur nach Diagnose, anatomischer Lokalisation, Eingriffsart oder Eingriffstechnik sowie Operationsgruppen mit Untergruppen zugeordnet (Beiner et al. 2003; Erman et al. 2005; Lietard et al. 2008; Massie et al. 1992; Mastronardi und Tatta 2004; Stambough und Beringer 1992; Weinstein et al. 2000; Wimmer et al. 1998). Durch diese Methode wurde es möglich, Operationsgruppen einer Infektionsrisikoanalyse zuzuführen und Operationsgruppen mit hohem und niedrigem Risikopotential zu definieren. Zudem erfolgte eine Einteilung der Eingriffe in verschiedene Infektionskategorien. Nach Feststellung einer Infektion wurde das jeweilige Regime der Handhabung der Antibiotikaprophylaxe untersucht und das Keimspektrum analysiert.

Die Patienten und deren Krankheitsverläufe wurden hinsichtlich mehrerer Einflussfaktoren erfasst. Es erfolgte eine Anonymisierung der Patienten unter Nutzung einer durchlaufenden Nummerierung. Fehler in der Übertragung als Indikator für die Genauigkeit der Methode wurden durch das ständige Mitführen dieser Nummerierung, der Patientennummern und des Geburtsdatums ausgeschlossen. So konnten durch Vergleich mit der Quelldatei die Daten stets auf Richtigkeit überprüft werden.

## 2.3 Infektionskategorien

Die im Rahmen einer Operation auftretenden Infektionsfälle wurden in *primäre* (vorbestehende und zur Operation führende Infektionen) und *postoperative* Infektionen

unterschieden (Abb. 2). Letztere wurden wiederum in *sekundäre* (operationsbezogene) und *allgemeine* (nicht-operationsbezogene) Infektionen aufgeteilt.

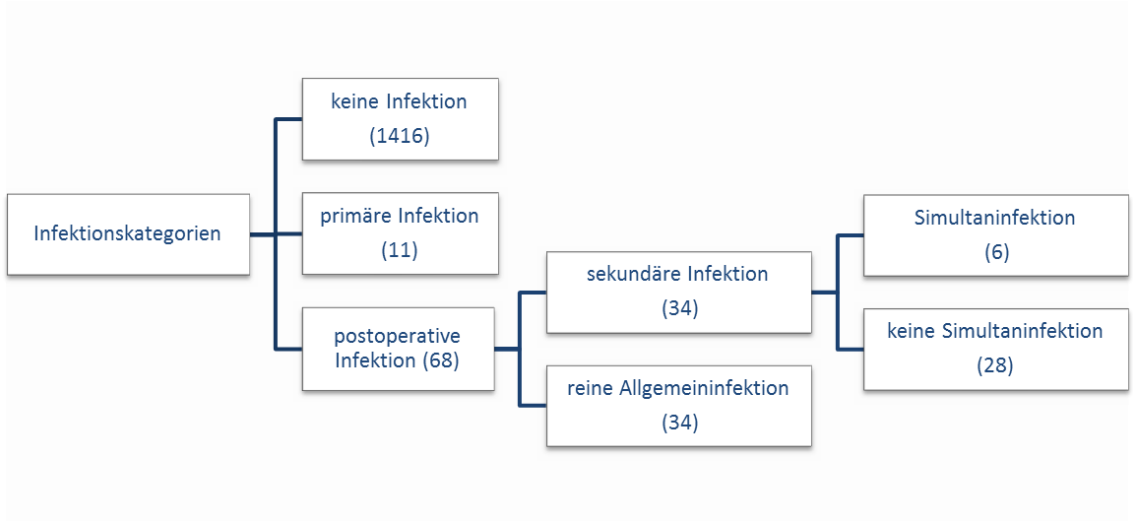


*Abb. 2. Infektionskategorien*

Bei den postoperativen Infektionen wurden folgende Gruppen unterschieden:

- *Sekundäre* (auf das Operationsgebiet bezogene) *Infektionen* (SSI) als Komplikationen eines vorangegangenen Eingriffs wie die Entwicklung einer Wundinfektion, eines Abszesses, eines Empyems, einer Sepsis oder einer Meningitis
- *Allgemeine Infektionen* im Sinne von Begleitinfektionen wie u.a. Harnwegsinfektionen
- *Simultaninfektionen* als überschneidende Fälle von sekundären und allgemeinen Infektionen

Das Hauptaugenmerk dieser Arbeit lag auf den *sekundären Infektionen*, die in zeitlichem, verfahrenstechnischem und lokalisiertem Zusammenhang zu einem Eingriff standen.

## 2.4 Operationsgruppen

Die Zuteilung des Patientenkollektivs in Operationsgruppen I-IV sollte über das individuelle Risiko hinaus zu einer Risikostratifizierung führen. In den Gruppen der spinalen Eingriffe (Gruppe I) und der Schmerzeingriffe (Gruppe II) erfolgten zur weiteren Differenzierung darüber hinaus Einteilungen in Diagnoseuntergruppen (Abb. 3).

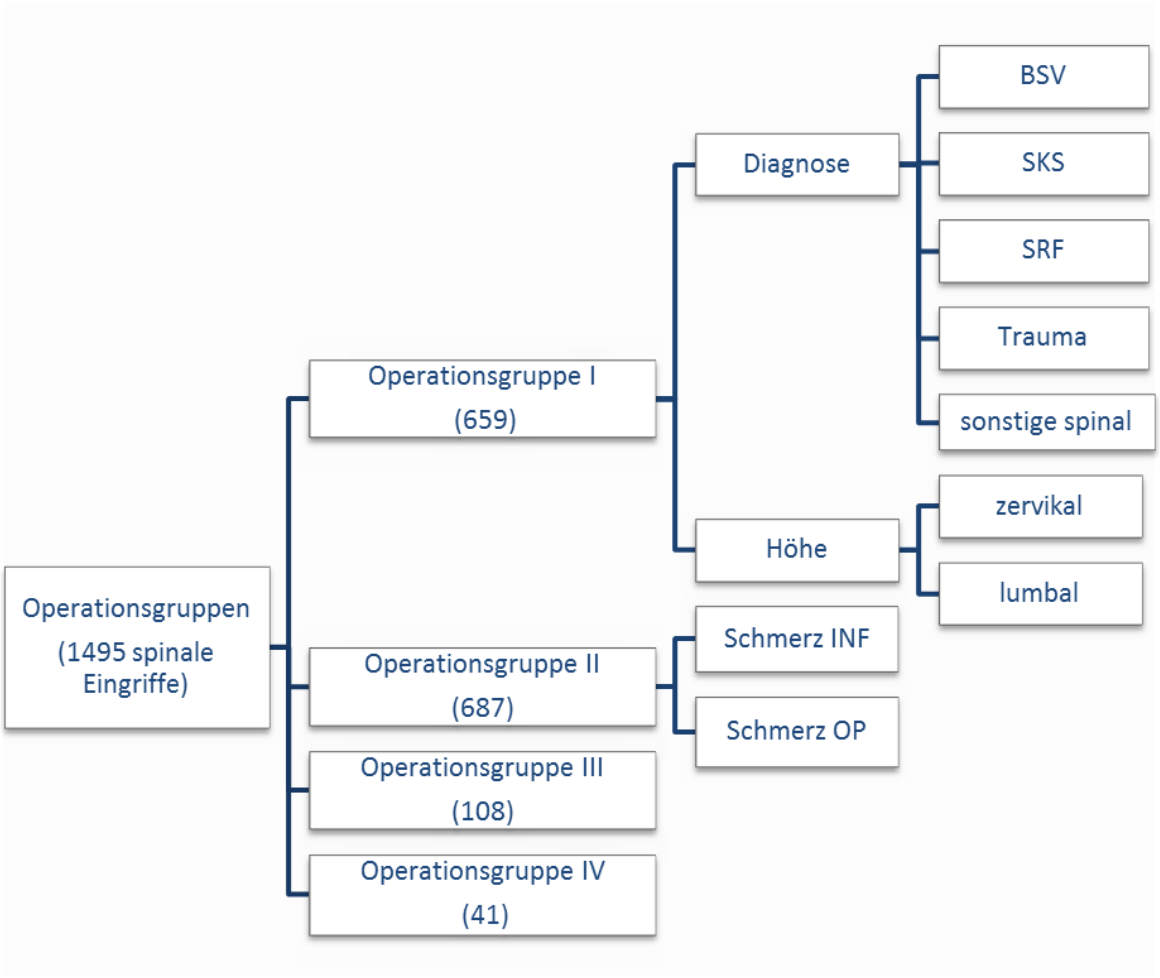


*Abb. 3. Operationsgruppen mit entsprechender Anzahl der Patienten in Klammern*

### 2.4.1 Operationsgruppe I: Wirbelsäuleneingriffe

In der Operationsgruppe I wurden folgende Wirbelsäuleneingriffe berücksichtigt (Abb. 3):

- Bandscheibenvorfälle (BSV)
- Spinalkanalstenosen (SKS)
- Spinale Raumforderungen (SRF)
- Spinale Traumata (Trauma)
- Sonstige spinale Diagnosen (sonstige spinale), die nicht anders einzuordnen waren

Zur weiteren Homogenisierung der zahlreichen Eingriffe an der Wirbelsäule erfolgte eine weitere Untergliederung abhängig von der Eingriffshöhe in

- zervikale oder
- lumbale/thorakale Eingriffe.

Aufgrund der Seltenheit thorakaler Eingriffe wurden diese in den statistischen Analysen als thorakolumbale Eingriffe zu den lumbalen Eingriffen gezählt.

### 2.4.2 Operationsgruppe II: Schmerzeingriffe

Alle Eingriffe bei Patienten mit Schmerzsyndromen wurden in dieser Operationsgruppe eingeschlossen. Aufgrund großer Unterschiede der verschiedenen Eingriffe hinsichtlich der Operationsdauer, Komplexität und des Ausmaßes erfolgte eine zusätzliche Unterteilung in die Diagnoseuntergruppen (Abb. 3):

- Schmerzinfiltrationen (*Schmerz INF spinale/Schmerz INF TGN*)
- Schmerzoperationen (*Schmerz OP*)

Unter Schmerzinfiltrationen wurden als *Schmerz INF spinale* alle spinalen Infiltrationen (Nervenwurzel-, Facettengelenks-, Ileosakralgelenksblockaden sowie Thermokoagulationen) zusammengefasst, die in Lokalanästhesie durchgeführt wurden.

Davon getrennt wurden als *Schmerz INF TGN* nicht-spinale Schmerzinfiltrationen bei Trigeminusneuralgien (TGN) wie Glycerin-Rhizotomien und Thermo-Koagulationen. Diese erfolgten ebenfalls in Lokalanästhesie.

Als Schmerzoperationen (*Schmerz OP*) wurden Schmerzkathetereinlagen und Katheterrevisionen bei chronischen Schmerzpatienten bezeichnet. Diese erfolgten in Vollnarkose.

### 2.4.3 Operationsgruppe III: Periphere Nerveneingriffe

Bei den Eingriffen an peripheren Nerven wurden solche bei Engpass- und Dekompressionseingriffen, Nervenerkrankungen, Tumoreingriffe an peripheren Nerven und Traumata unterschieden. Ulnarisrinnensyndrome oder Karpaltunnelsyndrome stellten Engpass- oder Kompressionssyndrome dar. Zu den peripheren Nervenerkrankungen

zählten unter anderem Neuropathien, Polyneuropathien oder Torticollis spasmodicus. Tumorerkrankungen an peripheren Nerven wie periphere Neurofibrome, Neurome oder degenerative Veränderungen wie Ganglien oder Synovialzysten. Zu den Traumata an den peripheren Nerven zählten unter anderem Schnittverletzungen.

### 2.4.4 Operationsgruppe IV: Sonstige Eingriffe

Als sonstige Eingriffe wurden diejenigen Eingriffe bezeichnet, die nicht den anderen Gruppen zuzuordnen waren. Hierunter fielen diagnostische Muskel- und Nervenbiopsien, therapeutische und diagnostische Arteria-temporalis-Biopsien, Entfernungen von peripheren Tumoren, wie Lipomen, Fremdkörpergranulomen, Narbengewebe, Fibromen oder Rippenresektionen.

## 2.5 Risiko- und Einflussfaktoren

Als Risikofaktoren für postoperative Komplikationen wurden zur Analyse in den verschiedenen Operations- und Infektionsgruppen die aus der Literatur vorbeschriebenen Variablen verwendet.

Es wurden

- patienteneigene demographische Variablen (Alter und Geschlecht) und
- klinische Variablen (Operationsdauer, Krankenhausliegedauer, der Aufenthalt auf der Intensivstation, Vergleich ambulanter versus stationärer Fälle) betrachtet.

### 2.5.1 Alter und Geschlecht

Die alters- und geschlechtsabhängigen Entwicklungen von Komplikationen wurden untersucht und analysiert. Dabei wurde das Alter in Jahren zum Operationszeitpunkt berücksichtigt. Für die sekundären Infektionen und die Fälle perioperativer Antibiotikaprophylaxe wurde das Alter zusätzlich in Altersabschnitte kategorisiert:

- Jüngeres Alter: Alter bis 30 Jahre (≤ 30 Jahre)
- Mittleres Alter: Alter zwischen mehr als 30 bis 60 Jahre (> 30 - ≤ 60 Jahre)

- Höheres Alter: Alter höher als 60 Jahre (> 60 Jahre)

Das Geschlecht wurde in männlich und weiblich unterteilt.

### 2.5.2 Operationsdauer

Die Schnitt-Naht-Zeit wurde anhand der Operationsunterlagen als Operationsdauer in Minuten berechnet und in den jeweiligen Gruppen verglichen. Zudem erfolgte bei sekundären Infektionen und den Fällen der Durchführung einer perioperativer Antibiotikaprophylaxe eine Gruppierung in:

- Kurze Operationsdauer: bis zu 2 Stunden (≤ 2 h)
- Mittlere Operationsdauer: länger als 2 bis 4 Stunden (> 2 h – ≤ 4 h)
- Lange Operationsdauer: länger als 4 Stunden (> 4 h)

### 2.5.3 Liegedauer

Für die Liegedauer in Tagen wurde das Zeitintervall von der ersten Operation bis zum Auftreten einer Infektion beziehungsweise die Reaktion im Sinne einer Revision oder einer folgenden Antibiotika-Behandlung berechnet. Zudem erfolgte bei sekundären Infektionen und den Fällen einer perioperativen Antibiotikaprophylaxe eine Gruppierung in:

- Kurze Liegedauer: bis zu 7 Tage (≤ 7 d)
- Lange Liegedauer: länger als 7 Tage (> 7 d)

Zur Vergleichbarkeit der Gesamt-Liegedauerzeiten der primären, sekundären sowie der Allgemein- und Simultaninfektionen und der Eingriffe ohne Infektionen erfolgte eine zusätzliche Bestimmung des Zeitintervalls zwischen stationärem Aufnahme- und Entlassungsdatum.

### 2.5.4 Intensivaufenthalt

Ein Aufenthalt auf der Intensivstation länger als 48 Stunden wurde als Intensivaufenthalt gewertet.

### 2.5.5 Ambulante versus stationäre Eingriffe

Patienten, die die Klinik bereits wieder am Aufnahmetag verlassen konnten, galten als ambulante Fälle und wurden mit den stationären Fällen verglichen.

## 2.6 Perioperative Antibiotikaprophylaxe

In den verschiedenen Operations- und Infektionsgruppen wurde das Management einer perioperativen Antibiotikaprophylaxe dokumentiert und Unterschiede analysiert. Es erfolgte der Vergleich der Patienten mit primär aseptischen Eingriffen mit den Eingriffen mit einer sekundären Infektion. Hier wurde jeweils untersucht, ob eine

- Antibiotikaprophylaxe erfolgte (ABP) oder ob
- keine Antibiotikaprophylaxe erfolgte (Keine ABP).

Zusätzlich wurde die Anwendungsdauer der Antibiose in Stunden eingeteilt in

- Antibiotikaprophylaxe bis 24 Stunden (ABP ≤ 24 h),
- Antibiotikaprophylaxe länger als 24 Stunden (ABP > 24 h)

und auch die Art des gewählten Antibiotikums registriert. Innerhalb der Operationsgruppen wurde der negative oder positive Einfluss einer perioperativen prophylaktischen Antibiotikaverabreichung bewertet.

In die Kategorie ABP ≤ 24 h fallen auch Einmalgaben (*Single-shot*-Applikationen). Falls es notwendig war, wurde die perioperativ begonnene Antibiotikaprophylaxe im postoperativen Infektionsfall im Verlauf erweitert. Diese Eskalation wurde jedoch nicht zur perioperativen Antibiotikaprophylaxe hinzugerechnet, sondern entsprach einer Antibiotikatherapie der Infektion.

## 2.7 Keimspektrum

Anhand der mikrobiologischen Ergebnisse aus den Krankenakten konnte das Keimspektrum im Infektionsfall verglichen und analysiert werden. Weiterhin wurde das Wirkspektrum der jeweiligen oder regelhaft verwendeten Antibiotikaprophylaxe oder der kalkulierten Antibiotikabehandlung berücksichtigt.

## 2.8 Komplikationsfolge: Revisionseingriffe

Bei einigen Patienten waren postoperativ durch sekundäre Infektionen Revisionseingriffe notwendig. Diese wurden als Komplikationsfolge registriert und betrachtet.

## 2.9 Statistik

Im Rahmen dieser retrospektiven Studie wurde das Datenkollektiv zur genaueren Analyse auf ein signifikantes Resultat statistisch getestet, ob sich Unterschiede der operativen Eingriffe und des Ereignisses der Infektion durch Gebrauch einer perioperativen Antibiotikaprophylaxe oder ihrer Vermeidung zeigen. Ferner wurden potentielle Risikofaktoren zur Entwicklung einer postoperativen sekundären Infektion auf deren Signifikanz geprüft.

Das Daten-Management und die statistische Analyse erfolgten mit Microsoft Office Excel (Microsoft Excel 2003) und der Software des Statistiksystems SPSS Version 11.0 für Windows.

Folgende Testverfahren wurden in Abhängigkeit der untersuchten Parameter durchgeführt:

- Stetige Variablen (Alter, Operationsdauer, Liegedauer) wurden mit den üblichen Maßzahlen Mittelwert und Standardabweichung sowie Minimum, Maximum und Median beschrieben. Zusammenhänge zwischen den stetigen Variablen wurden mit Hilfe des Mann-Whitney-U-Rangsummentests und des Kruskal-Wallis-H-Tests für unabhängige Stichproben untersucht.

- Kategoriale Variablen wurden in ihrer Häufigkeit und mit Prozentangabe dargestellt. Zusammenhänge zwischen den kategorialen Variablen wurden mittels des Chi-Quadrat-Tests, oder wo angebracht mit Hilfe des exakten Tests nach Fisher geprüft. Auch stetige Variablen wurden durch Unterteilung nach Wert in zwei bis drei Gruppen in kategoriale Variablen umgewandelt.

- Ergebnisse mit einem Signifikanzniveau $p \leq 0{,}05$ wurden als signifikant, mit $p \leq 0{,}01$ als hoch signifikant und $p > 0{,}05$ als nicht signifikant betrachtet.

# 3 Ergebnisse

## 3.1 Allgemeine Statistik der Operationsgruppen

In der Klinik für Neurochirurgie der Universitätsmedizin Göttingen wurden vom 1. Januar 2002 bis 31. März 2004 insgesamt 1495 nicht-intrakranielle neurochirurgische Eingriffe durchgeführt. Hierunter fanden sich Wirbelsäuleneingriffe (Gruppe I), Schmerzeingriffe bei Schmerzsyndromen (Gruppe II), Eingriffe an peripheren Nerven (Gruppe III) und sonstige Eingriffe (Gruppe IV) (Abb. 1 und 4).

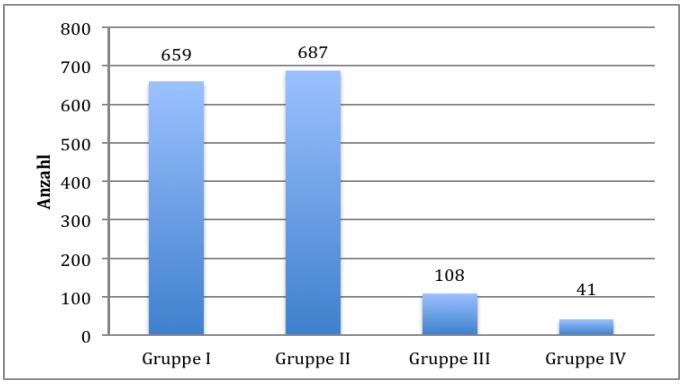


*Abb. 4. Operationsgruppen der 1495 nicht-intrakraniellen neurochirurgischen Eingriffe*

Der Großteil der Operationen der 1495 Eingriffe war mit 45,95% (n=687) der Gruppe II und mit 44,08% (n=659) der Gruppe I zuzuordnen. Mit deutlich weniger Eingriffen folgten dann die Eingriffe Gruppe III (n=108; 7,22%) und schließlich die der Gruppe IV (n=41; 2,74%) (Abb.4).

Die Gruppen I und II wurden in weitere Diagnoseuntergruppen unterteilt (Tab. 1).

*Tab. 1. Operationsgruppen unterteilt in Diagnoseuntergruppen*

| Op-Gruppe | Untergruppe | Gesamt |
|---|---|---|
| Gruppe I | | 659 |
| | BSV | 432 |
| | SKS | 151 |
| | SRF | 48 |
| | Trauma | 22 |
| | sonstige spinale | 6 |
| Gruppe II | | 687 |
| | Schmerz INF spinale | 596 |
| | Schmerz INF TGN | 77 |
| | Schmerz OP | 14 |
| Gruppe III | | 108 |
| Gruppe IV | | 41 |
| **Gesamt** | | **1495** |

### 3.1.1 Operationsgruppe I: Wirbelsäuleneingriffe

In der Operationsgruppe I waren die Eingriffe bei Bandscheibenvorfällen (BSV) zahlenmäßig am stärksten vertreten (n=432; 65,6%), mit großem Abstand gefolgt von den Eingriffen bei Spinalkanalstenosen (SKS) (n=151; 22,91%), dann von den Eingriffen bei spinalen Raumforderungen (SRF) (n=48; 7,28%) und letztlich von den spinalen Traumata (Trauma) (n=22; 3,34%). In der Diagnoseuntergruppe der sonstigen spinalen Eingriffe (n=6; 0,91%) fand sich die mit Abstand geringste Anzahl von Eingriffen (Tab. 1). Die Eingriffe wurden in 88,51% aufgrund degenerativer (zusammengesetzt aus 65,6% BSV und 22,91% SKS), in 7,28% wegen tumoröser und in 3,34% wegen traumatischer Ursache durchgeführt.

*Tab. 2. Unterteilung und Größe der Gruppe I in Eingriffshöhe*

| Op-Gruppe | Untergruppe | zervikal | lumbal | **Gesamt** |
|---|---|---|---|---|
| Gruppe I | | | | |
| | BSV | 83 | 349 | **432** |
| | SKS | 34 | 117 | **151** |
| | SRF | 2 | 46 | **48** |
| | Trauma | 19 | 3 | **22** |
| | sonstige spinal | 1 | 5 | **6** |
| **Gesamt** | | **139** | **520** | **659** |

Insgesamt wurden deutlich häufiger lumbale (n=520; 78,91%) Eingriffe an der Wirbelsäule als zervikale (n=139; 21,09%) beobachtet (Tab. 2). Die thorakalen (n=3 in der Diagnoseuntergruppe SRF) wurden zu den lumbalen Eingriffe gerechnet.

In der Untergruppe BSV erfolgte der Großteil mit 80,79% versus 19,21% an der lumbalen Wirbelsäule (Tab. 2). In der Gruppe SKS war ebenfalls eine deutliche Dominanz der lumbalen Eingriffe mit 77,5% lumbalen zu 22,52% zervikalen Eingriffen zu beobachten. Speziell in der Gruppe SRF zeigten sich die meisten Eingriffe an der lumbalen Wirbelsäule mit 95,83% (n=46) im Vergleich zu 4,17% zervikalen Eingriffen (n=2) (Abb. 5).

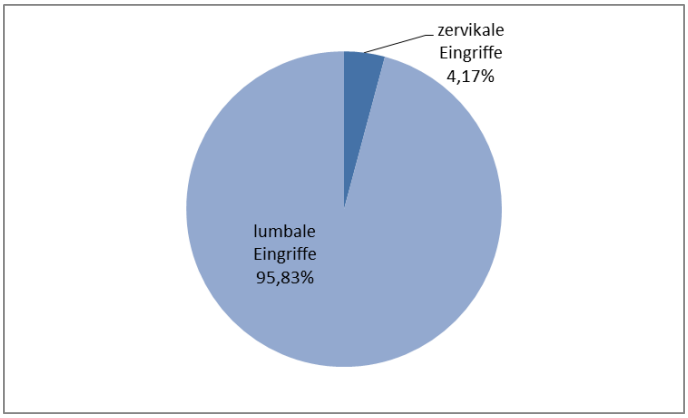


*Abb. 5. Eingriffshöhe bei Eingriffen bei 48 spinalen Raumforderungen*

Im Gegensatz zu den oben genannten Gruppen waren in der Gruppe Trauma mit 86,36% deutlich häufiger zervikale (n=19) Eingriffe als lumbale Eingriffen (13,64%; n=3) zu beobachten (Abb. 6).

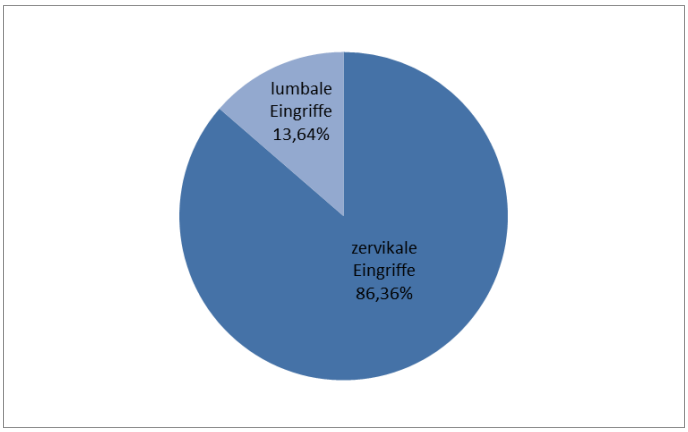


*Abb. 6. Eingriffshöhe bei Eingriffen bei 22 spinalen Traumata*

### 3.1.2 Operationsgruppe II: Schmerzeingriffe

Den größten Anteil in der Operationsgruppe II stellten die Schmerzinfiltrationen (Schmerz INF) (n=673) mit 97,96% aller Schmerzeingriffe und 45,02% aller Eingriffe insgesamt dar.

Es fanden sich in 86,75% spinale Schmerzinfiltrationen (Schmerz INF spinale) (Abb. 7). Die Schmerzoperationen (Schmerz OP) machten dagegen nur einen geringen Anteil der Schmerzeingriffe (n=14; 2,04%) aus.

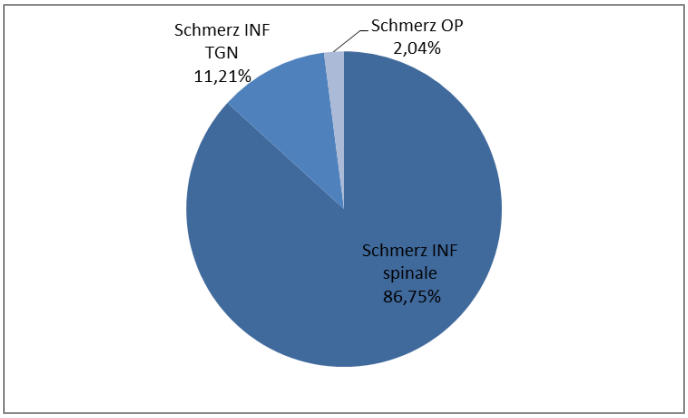


*Abb. 7. Verteilung der Eingriffe in Operationsgruppe*

## 3.2 Infektionen

Bei Betrachtung der 1495 Eingriffe fand sich in 94,72% (n=1416) der Eingriffe weder prä- noch postoperativ eine Infektion. Präoperativ lag in 0,74% (n=11) der Eingriffe bereits eine primäre Infektion vor und in 4,55% (n=68) der Eingriffe konnte eine postoperative Infektion registriert werden (Abb. 8).

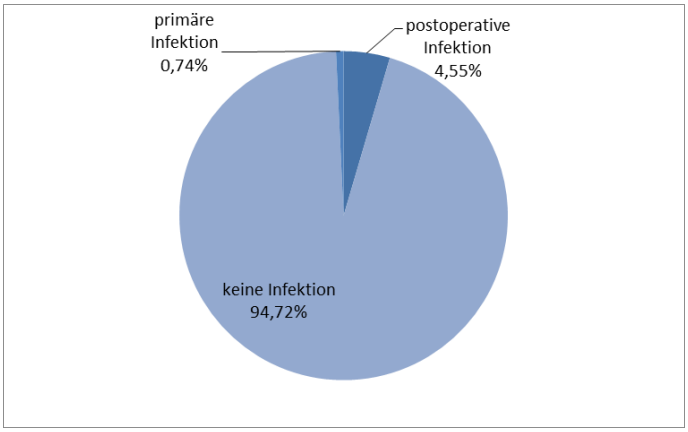


*Abb. 8. Anteil der primären und postoperativen Infektionen aller 1495 Eingriffe*

Die 68 postoperativen Infektionsfälle setzten sich aus 34 *sekundären* (auf das Operationsgebiet bezogenen) Infektionen und aus 34 *allgemeinen* Infektionen (Nosokomialinfektionen ohne Bezug zum Operationsgebiet) zusammen. In sechs der sekundären Infektionsfälle zeigten sich zusätzlich zur sekundären Infektion mindestens eine Allgemeininfektionen, weshalb diese als *Simultaninfektionen* bezeichnet wurden (Abb. 9).

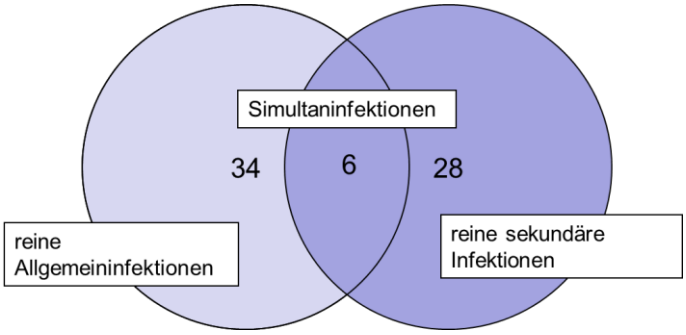


*Abb. 9. Reine allgemeine, simultane und sekundäre Infektionen*

## 3.3 Primäre Infektionen

Die Infektionsrate bei primären Infektionen lag bei 0,74% (n=11) von 1495 neurochirurgischen Eingriffen (Tab. 3).

- **Operationsgruppen**

Neun der primären Infektionen traten in der Operationsgruppe I und zwei in der Operationsgruppe II auf. Den anderen Operationsgruppen wurden keine primären Infektionen zugeordnet (Tab. 3).

*Tab. 3. Primäre Infektionsfälle und primär aseptische Eingriffe*

| Op-Gruppe | Untergruppe | primäre Infektion | keine primäre Infektion | **Gesamt** |
|---|---|---|---|---|
| Gruppe I | | 9 | 650 | **659** |
| | BSV | 1 | 431 | **432** |
| | SKS | 0 | 151 | **151** |
| | SRF | 8 | 40 | **48** |
| | Trauma | 0 | 22 | **22** |
| | sonstige spinale | 0 | 6 | **6** |
| Gruppe II | | 2 | 685 | **687** |
| | Schmerz INF | 0 | 657 | **657** |
| | Schmerz OP | 2 | 28 | **30** |
| Gruppe III | | 0 | 108 | **108** |
| Gruppe IV | | 0 | 41 | **41** |
| **Gesamt** | | **11** | **1484** | **1495** |

Die 11 spinalen primären Infektionen bestanden im Einzelnen aus 7 spinalen Abszessen (63,64%) und je einem Empyem (9,09%), einer Phlegmone (9,09%), einem Katheterinfekt (9,09%) bei liegender Schmerzpumpe mit folgender Meningitis und

einem Fremdkörperinfekt (9,09%) bei liegender Schmerzelektrode (Abb. 10). Alle Infektionsfälle waren lumbal gelegen.

Bei drei Patienten wurde der Infekt als primär gewertet, obwohl diese zuvor in einem anderen Haus operiert worden waren. Es lagen jedoch keine weiteren Daten bezüglich der Erstoperation vor. Darunter waren ein spinaler Abszess nach Bandscheibenoperation in der Operationsgruppe der Eingriffe an der Wirbelsäule sowie ein Fremdkörperelektrodeninfekt und eine durch Katheterinfekt resultierte Meningitis aus der Operationsgruppe II.

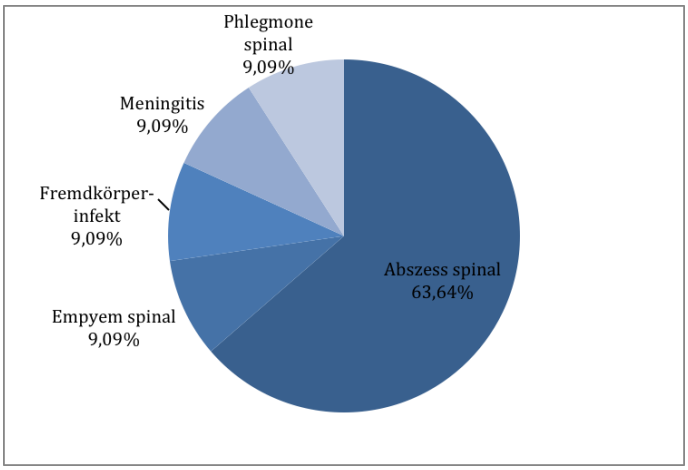


*Abb. 10. Verteilung der primären Infektionen auf die Infektionsarten*

- **Alters- und Geschlechterverteilung**

Der Altersdurchschnitt bei den Patienten mit primär septischen Eingriffen lag bei 61,68 ± 9,86 Jahren (Tab. 4).

*Tab. 4. Alter primäre Infektion*

| | n | Min | Max | Mittelwert | Median | SD |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Alter | 11 | 44,15 | 73,2 | 61,68 | 67,72 | 9,86 |

Im Vergleich zwischen den Patienten mit primären Infektionen lag das durchschnittliche Alter in der Operationsgruppe I deutlich höher als in der Operationsgruppe II (Abb. 11).

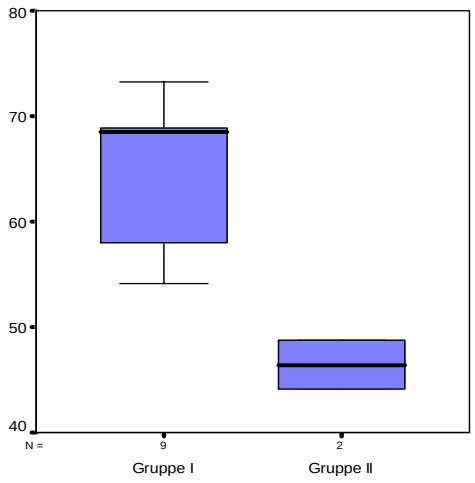


*Abb. 11. Vergleich Altersdurchschnitt Operationsgruppe I und II*

Bei den 11 Patienten handelte es sich in 72,73% (n=8) um männliche und in 27,27% (n=3) um weibliche Patienten.

- **Operationsdauer**

Die mittlere Operationsdauer wurde mit 116,73±101,13 Minuten bemessen (Tab. 5).

*Tab. 5. Operationsdauer primäre Infektion*

| | n | Min | Max | Mittelwert | Median | SD |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Operationsdauer | 11 | 31 | 374 | 116,73 | 80 | 101,1 |

Die Operationsdauer der Eingriffe mit primären Infekion war durchschnittlich deutlich verlängert im Vergleich zu den Eingriffen ohne präoperative Infektion (Abb. 12).

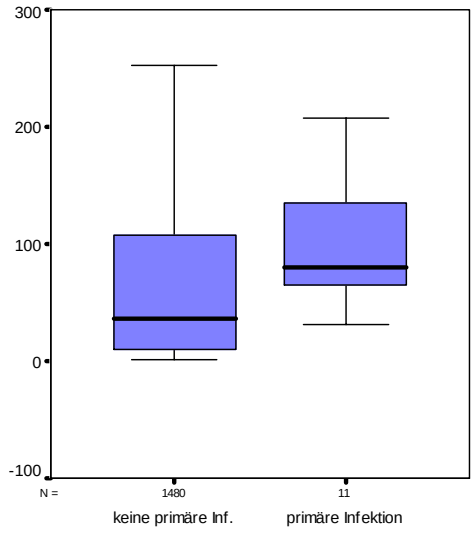


*Abb. 12. Vergleich durchschnittliche Operationsdauer mit und ohne primäre Infektion*

Die durchschnittliche Operationsdauer lag in der Operationsgruppe I verlängert im Vergleich zu den Eingriffen in Operationsgruppe II (Abb. 13).

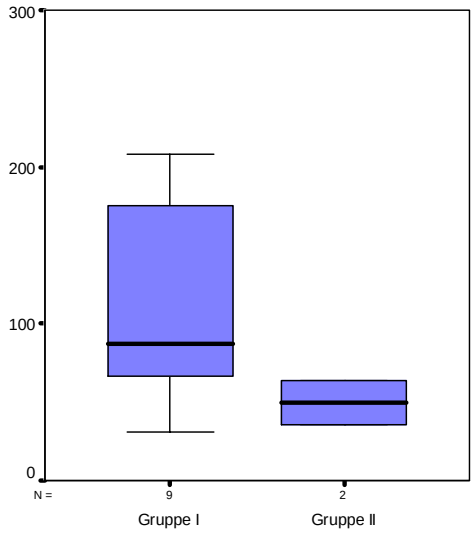


*Abb. 13. Vergleich durchschnittliche Operationsdauer Operationsgruppe I und II*

- **Liegedauer**

Die Liegedauer war durchschnittlich 20,73±12,8 Tage unter Berücksichtigung des Zeitintervalls zwischen Aufnahme- und Entlassungsdatum (Tab. 6).

*Tab. 6. Liegedauer primäre Infektion*

| | n | Min | Max | Mittelwert | Median | SD |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Liegedauer | 11 | 5 | 44 | 20,73 | 19 | 12,8 |

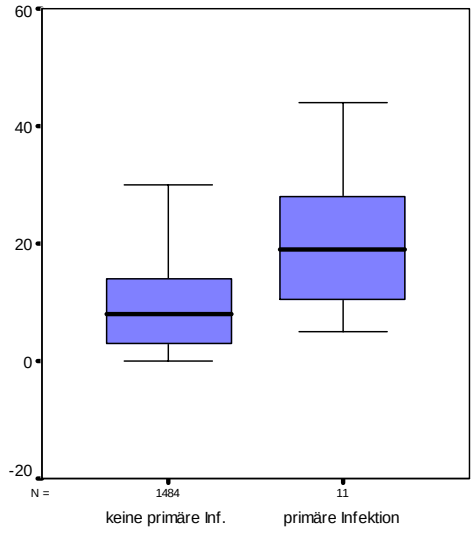


*Abb. 14. Durchschnittliche Liegedauer mit und ohne primäre Infektion*

Die durchschnittliche Liegedauer der primären Infektionen zeigte sich verlängert gegenüber den Eingriffen ohne präoperative Infektion (Abb. 14).

Auch die Liegedauer für die Patienten aus der Operationsgruppe I war verlängert im Vergleich zu den Eingriffen aus der Operationsgruppe II (Abb. 15).

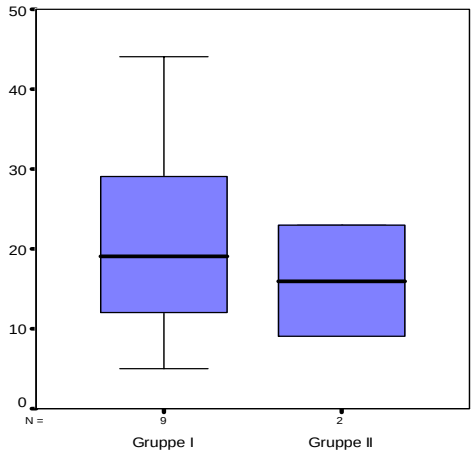


*Abb. 15. Durchschnittliche Liegedauer und Operationsgruppen mit primären Infektionen*

- **Intensivaufenthalt**

Von den 11 Patienten mit einer primären Infektion mussten 4 (36,36%) spinale Eingriffe über 48 Stunden auf der Intensivstation überwacht werden. Darunter befanden sich ein spinales Empyem, zwei spinale Abszesse und eine spinale Phlegmone bei Spondylodiszitis.

- **Ambulante versus stationäre Eingriffe**

Es gab keine ambulanten Eingriffe bei primären Infektionen.

- **Keimspektrum**

In 63,64% (n=7) der primäre Infektionsfälle wurde ein grampositiver Erreger, in 9,09% (n=1) gramnegative E.coli und in 27,3% (n=3) kein Keim festgestellt (Tab. 7). Bei Betrachtung des Keimspektrums der Erreger primärer Infektionen fiel auf, dass die Haupterreger mit fast 50% aus der Gruppe der grampositiven Staphylokokken stammen. In je 2 Fällen ließ sich ein Staphylococcus aureus und der resistente Vertreter in der Gruppe (MRSA) nachweisen. In einem Fall eines Fremdkörperinfektes konnte eine Besiedlung durch Staphylococcus epidermidis festgestellt werden. Als

weitere Vertreter der grampositiven Erreger konnten in je einem Fall Streptococcus gordonii und Enterococcus faecalis isoliert werden. In drei Fällen gelang kein Keimnachweis.

*Tab. 7. Keimspektrum der 11 primären Infektionen unterteilt nach Erregern*

| Erreger | Abszess spinal | Empyem spinal | Fremdkörperinfekt | Meningitis | Phlegmone spinal | **Gesamt** | **Prozent %** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| kein Keimnachweis | 2 | | | 1 | | **3** | **27,3** |
| E. coli | 1 | | | | | **1** | **9,1** |
| Enterococcus faecalis | 1 | | | | | **1** | **9,1** |
| MRSA | 1 | 1 | | | | **2** | **18,2** |
| Staph. aureus | 1 | | | | 1 | **2** | **18,2** |
| Staph. epidermidis | | | 1 | | | **1** | **9,1** |
| Streptococcus gordonii | 1 | | | | | **1** | **9,1** |
| **Gesamt** | **7** | **1** | **1** | **1** | **1** | **11** | **100** |

Ein gramnegativer E. coli-Keim wurde in einer Kultur bei spinalem Abszess gefunden. Bei den übrigen spinalen Abszessen wurde in je einem Fall ein Staphylococcus aureus, ein MRSA, ein Streptococcus gordonii und ein Enterococcus faecalis nachgewiesen. Kein Keimnachweis erfolgte in 2 Fällen (n=2).

Das primäre septische spinale Empyem wurde durch einen MRSA-Keim besiedelt. Im Falle der spinalen Phlegmone erfolgte der Nachweis von Staphylococcus aureus und im Falle des Fremdkörperinfektes konnte ein Staphylococcus epidermidis nachgewiesen werden. Bei der Meningitis durch Schmerzkatheterinfekt gelang kein Erregernachweis.

## 3.4 Sekundäre Infektionen

Von 1484 Eingriffen ohne primäre Infektion kam es postoperativ bei 2,29% Patienten (n=34) zu einer operationsbezogenen, sekundären Infektion (Tab. 8). Es zeigten sich Infektionsraten von 1,08% für spinale Wundinfekte, 0,67% für spinale Abszesse, 0,34% für Meningitiden und je 0,07% für eine Sepsis, ein spinales Empyem und einen Fremdkörperinfekt.

*Tab. 8. Sekundäre Infektionen bei 1484 Eingriffen ohne primäre Infektion*

| Op-Gruppe | Untergruppe | sekundäre Infektion | keine sekundäre Infektion | **Gesamt primär aseptisch** |
|---|---|---|---|---|
| Gruppe I | | 27 | 623 | **650** |
| | BSV | 15 | 416 | **431** |
| | SKS | 6 | 145 | **151** |
| | SRF | 5 | 35 | **40** |
| | Trauma | 1 | 21 | **22** |
| | sonstige spinale | 0 | 6 | **6** |
| Gruppe II | | 4 | 681 | **685** |
| | Schmerz INF spinale | 0 | 596 | **596** |
| | Schmerz INF TGN | 4 | 73 | **77** |
| | Schmerz OP | 0 | 12 | **12** |
| Gruppe III | | 3 | 105 | **108** |
| Gruppe IV | | 0 | 41 | **41** |
| **Gesamt** | | **34** | **1450** | **1484** |

Bei den 34 sekundären Infektionsfällen fanden sich 10 (29,41%) spinale Abszesse, 5 (14,71%) Meningitiden, eine Sepsis (2,94%), 16 (47,06%) postoperative Wundinfekte, ein spinales Empyem (2,94%) und ein Fremdkörperinfekt (2,94%) (Abb. 16).

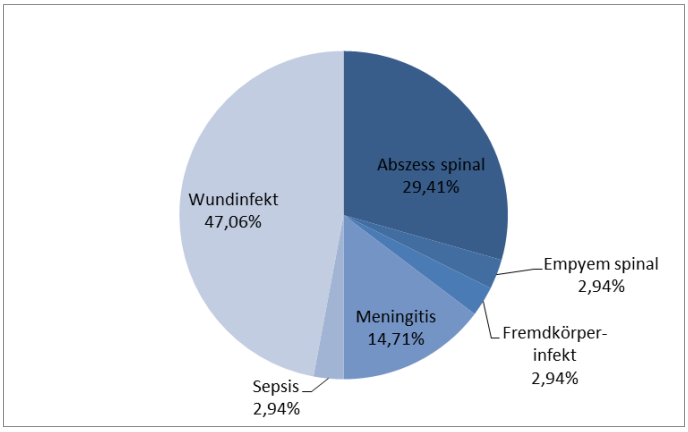


*Abb. 16. 34 sekundäre Infektionen bei 1484 Eingriffen ohne primäre Infektion*

- **Operationsgruppen**

Nach Einteilung der sekundären Infektionen in die verschiedenen Operationsgruppen fanden sich 27 Patienten in der Operationsgruppe I (79,41%), 4 Patienten in der Operationsgruppe II (11,76%) und 3 Patienten in der Operationsgruppe III (8,82%) (Tab. 9). In der Operationsgruppe IV kam es zu keiner postoperativen Infektion. Bei Betrachtung der Operationsgruppen I bis III fand sich ein signifikanter Zusammenhang zwischen der Operationsgruppe und dem Ereignis einer sekundären Infektion (p=0,0001; Chi-Quadrat nach Pearson).

*Tab. 9. Sekundäre Infektionen bei 34 Patienten unterteilt nach Operations- und Diagnoseuntergruppen*

| Op-Gruppe | Untergruppe | Gesamt | Prozent % |
|---|---|---|---|
| Gruppe I | | 27 | 79,41 |
| | BSV | 15 | 44,12 |
| | SKS | 6 | 17,65 |
| | SRF | 5 | 14,71 |
| | Trauma | 1 | 2,94 |
| | sonstige spinale | 0 | 0 |
| Gruppe II | | 4 | 11,76 |
| | Schmerz INF spinale | 0 | 0 |
| | Schmerz INF TGN | 4 | 11,76 |
| | Schmerz OP | 0 | 0 |
| Gruppe III | | 3 | 8,82 |
| Gruppe IV | | 0 | 0 |
| **Gesamt** | | **34** | **100** |

- **Alters- und Geschlechterverteilung**

Das mittlere Alter der Patienten mit sekundären Infektionen betrug 58,99 ± 13,33 Jahre (Tab. 10).

*Tab. 10. Altersdurchschnitt sekundärer Infektionen von 34 Patienten mit sekundären Infektionen*

| | n | Min | Max | Mittelwert | Median | SD |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Alter | 34 | 31,77 | 87,33 | 58,99 | 60,48 | 13,33 |

Es zeigte sich kein signifikanter Unterschied im Durchschnittalter der Patienten der Eingriffe mit oder ohne sekundäre Infektion (p=0,116; Mann-Whitney-U-Test) (Tab. 10 und 11, Abb. 17).

*Tab. 11. Altersdurchschnitt der Patienten ohne primäre oder sekundäre Infektionen*

| | n | Min | Max | Mittelwert | Median | SD |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Alter | 1416 | 0 | 90,31 | 54,53 | 53,92 | 14,39 |

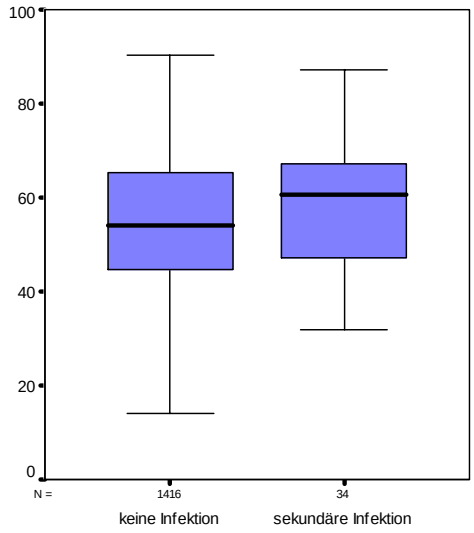


*Abb. 17. Altersdurchschnitt mit und ohne sekundäre Infektion*

Es fanden sich signifikante Unterschiede im Altersdurchschnitt der Patienten mit sekundären Infektionen innerhalb der Operationsgruppen I bis IV (p=0,0000001; Kruskal-Wallis-H-Test) (Tab. 12).

*Tab. 12. Altersdurchschnitt der Patienten in den Operationsgruppen mit sekundären Infektionen*

| Op-Gruppe | n | Min | Max | Mittelwert | Median | SD |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Gruppe I | 27 | 31,77 | 87,33 | 59,13 | 61,5 | 13,4 |
| Gruppe II | 4 | 52,5 | 75,78 | 67,24 | 70,35 | 11,06 |
| Gruppe III | 3 | 40,6 | 54,96 | 46,74 | 44,65 | 7,4 |
| Gruppe IV | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

*Tab. 13. Altersdurchschnitt der Patienten in den Operationsgruppen ohne primäre oder sekundäre Infektionen*

| Op-Gruppe | n | Min | Max | Mittelwert | Median | SD |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Gruppe I | 595 | 0 | 84,95 | 51,95 | 51,24 | 14,5 |
| Gruppe II | 676 | 15,38 | 90,31 | 57,05 | 57,75 | 13,31 |
| Gruppe III | 104 | 8,12 | 85,76 | 53,57 | 51,73 | 15,57 |
| Gruppe IV | 41 | 3,42 | 79,39 | 52,76 | 58,29 | 19,47 |

Nach Alterskategorien zeigte sich für die Operationsgruppen I bis IV eine ansteigende Infektionsrate abhängig einer höheren Alterskategorie. Nur in der Gruppe III und bei den SRF fanden sich die höchsten Infektionsraten für das mittlere Alter. Es konnte in den Operationsgruppen kein signifikanter Zusammenhang zwischen der Entwicklung einer sekundären Infektion und den Alterskategorien festgestellt werden (p=0,262; Chi-Quadrat nach Pearson). (Tab. 13).

*Tab. 14. Infektionsraten nach Alterskategorien*

| Op-Gruppe | Untergruppe | Alter ≤ 30 Jahre | Alter >30 - ≤ 60 Jahre | Alter > 60 Jahre |
|---|---|---|---|---|
| Gruppe I | | 0,00% | 3,31% | 6,25% |
| | BSV | 0,00% | 3,12% | 5,68% |
| | SKS | 0,00% | 0,00% | 5,83% |
| | SRF | 0,00% | 16,67% | 10,53% |
| | Trauma | 0,00% | 0,00% | 8,33% |
| | sonstige spinale | 0,00% | 0,00% | 0,00% |
| Gruppe II | | 0,00% | 0,27% | 0,98% |
| | Schmerz INF spinale | 0,00% | 0,00% | 0,00% |
| | Schmerz INF TGN | 0,00% | 0,29% | 1,02% |
| | Schmerz OP | 0,00% | 0,00% | 0,00% |
| Gruppe III | | 0,00% | 4,48% | 0,00% |
| Gruppe IV | | 0,00% | 0,00% | 0,00% |
| **Gesamt** | | **0,00%** | **2,01%** | **2,92%** |
| | | | | |
| **Anzahl der Infektionen** | | **0** | **17** | **17** |
| **Anzahl der Eingriffe** | | **58** | **844** | **582** |

Nach Unterteilung der Patienten in die Dekaden lagen die meisten Infektionsfälle in der Altersgruppe der 61-70-Jährigen, dicht gefolgt von den 41-50- und 51-60-Jährigen eher am Übergang mittleres bis höheres Alter (Abb. 18).

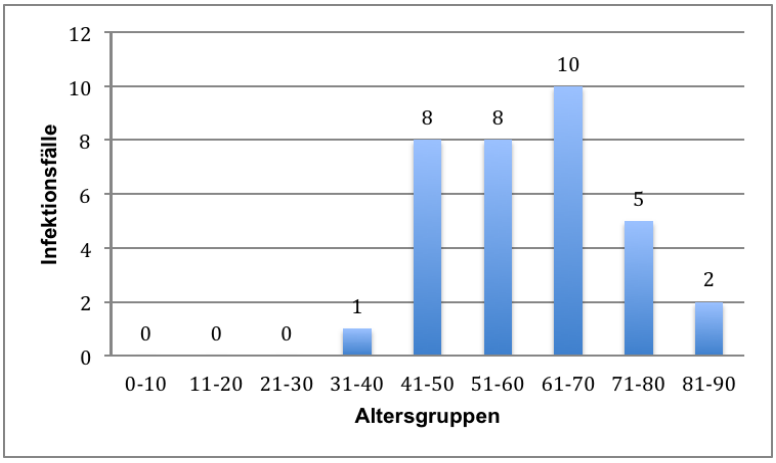


*Abb. 18. Altersgruppen der 34 Patienten mit sekundären Infektionsfällen*

Es konnte kein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Ereignis einer sekundären Infektion und dem Geschlecht gefunden werden. Die Geschlechterverteilung ergab eine Verteilung von 61,76% (n=21) männlichen und 38,24% (n=13) weiblichen Patienten (p=0,373; Chi-Quadrat nach Pearson) (Abb. 19).

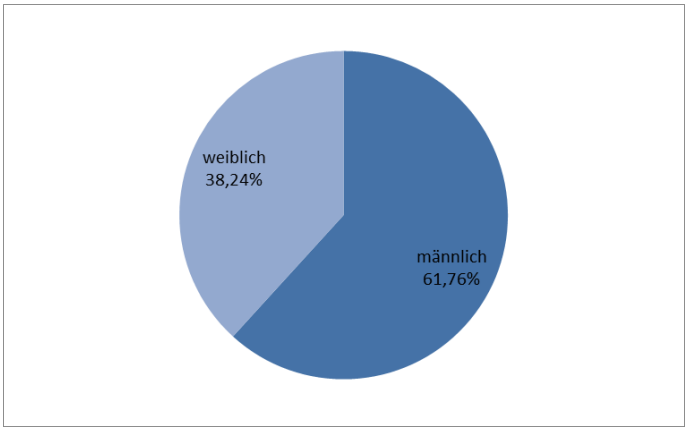


*Abb. 19. Geschlechterverteilung der 34 Patienten mit sekundären Infektionen*

Beim Vergleich der Eingriffe mit sekundärer Infektion, mit postoperativer Allgemeininfektion und ohne Infektion zeigte sich kein signifikanter Zusammenhang hinsichtlich des Geschlechts (p=0,21; Chi-Quadrat nach Pearson).

- **Operationsdauer**

Operationen von Patienten mit sekundären Infektionen hatten eine durchschnittliche Operationsdauer von 122,26 ± 55,7 Minuten (Tab. 15).

*Tab. 15. Durchschnittliche Operationsdauer sekundärer Infektionen*

| | n | Min | Max | Mittelwert | Median | SD |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Operationsdauer | 34 | 8 | 276 | 122,26 | 122,5 | 55,7 |

Die Operationsdauer der sekundären Infektionen zeigten sich signifikant fast verdoppelt verglichen mit der durchschnittlichen Operationsdauer ohne Infektion (n=1412)(p=0,0000001; Mann-Whitney-U-Test) (Tab. 15 und 16, Abb. 20).

*Tab. 16. Durchschnittliche Operationsdauer ohne primäre oder sekundäre Infektionen*

| | n | Min | Max | Mittelwert | Median | SD |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Operationsdauer | 1412 | 1 | 546 | 63,59 | 31 | 70,54 |

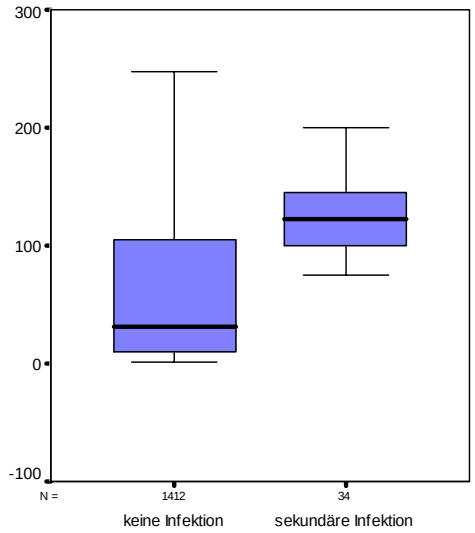


*Abb. 20. Durchschnittliche Operationsdauer mit und ohne sekundäre Infektion*

Es fanden sich signifikante Unterschiede in den Gruppen I bis IV bei Betrachtung der Operationsdauer der sekundären Infektionen (p=4,29e-235; Kruskal-Wallis-H-Test)(Tab. 17).

*Tab. 17. Durchschnittliche Operationsdauer mit anschließenden sekundären Infektionen*

| Op-Gruppe | n | Min | Max | Mittelwert | Median | SD |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Gruppe I | 27 | 80 | 276 | 140,22 | 137 | 40,05 |
| Gruppe II | 4 | 8 | 16 | 11 | 10 | 3,46 |
| Gruppe III | 3 | 75 | 135 | 109 | 117 | 30,79 |
| Gruppe IV | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Im direktem Vergleich der Eingriffe in der Operationsgruppe I mit den Eingriffen in der Operationsgruppe II zeigte sich die Operationsdauer der Operationsgruppe I Eingriffe signifikant verlängert (p=2,79e-209; Mann-Whitney-U-Test) (Tab. 17).

*Tab. 18. Durchschnittliche Operationsdauer ohne primäre oder sekundäre Infektionen*

| Op-Gruppe | n | Min | Max | Mittelwert | Median | SD |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Gruppe I | 594 | 5 | 546 | 123,15 | 114 | 63,15 |
| Gruppe II | 673 | 1 | 172 | 12,5 | 9 | 13,61 |
| Gruppe III | 104 | 13 | 520 | 62,57 | 43 | 72,72 |
| Gruppe IV | 41 | 5 | 312 | 41,73 | 25 | 50,95 |

Bei Gruppierungen der Operationsdauer zeigte sich eine ansteigende Infektionsrate ab einer Operationsdauer > 2 Stunden von 1,44% auf 6,13%. Bei > 4 Stunden andauernden Operationen sank die Infektionsrate wieder (2,78%). Es konnte ein signi-

fikanter Effekt der Operationsdauer > 2 Stunden auf die Infektionsrate festgestellt werden (p=0,00001; Chi-Quadrat nach Pearson) (Tab. 19).

*Tab. 19. Infektionsraten nach Operationsdauer*

| Op-Gruppe | Untergruppe | Infektionsrate ≤ 2 h | Infektionsrate > 2 h - ≤ 4 h | Infektionsrate > 4 h | **Gesamt** |
|---|---|---|---|---|---|
| Gruppe I | | 3,01% | 6,10% | 3,33% | |
| | BSV | 2,67% | 4,40% | 10,00% | |
| | SKS | 2,89% | 5,48% | 0,00% | |
| | SRF | 5,56% | 28,57% | 0,00% | |
| | Trauma | 7,14% | 0,00% | 0,00% | |
| | sonstige spinale | 0,00% | 0,00% | 0,00% | |
| Gruppe II | | 0,59% | 0,00% | 0,00% | |
| | Schmerz INF spinale | 0,00% | 0,00% | 0,00% | |
| | Schmerz INF TGN | 5,19% | 0,00% | 0,00% | |
| | Schmerz OP | 0,00% | 0,00% | 0,00% | |
| Gruppe III | | 2,04% | 0,00% | 0,00% | |
| Gruppe IV | | 0,00% | 20,00% | 0,00% | |
| **Gesamt** | | **1,44%** | **6,13%** | **2,78%** | |
| **Anzahl der Infektionen** | | **17** | **16** | **1** | **34** |
| **Anzahl der Eingriffe** | | **1183** | **261** | **36** | **1480** |
| **Anzahl ohne sekundäre Infektionen** | | **1166** | **245** | **35** | **1446** |

Innerhalb der Operationsgruppen zeigte sich ebenfalls eine erhöhte Infektionsrate ab einer Operationsdauer von > 2 Stunden. Ein besonders hoher Anstieg der Infektionsrate von 5,56% auf 28,57% war in der Gruppe der SRF zu beobachten (p=0,355; Exakter Test nach Fisher). In der Gruppe Trauma zeigte sich eine niedrigere Infektionsrate bei länger als 2 Stunden dauernden Operationen. Diese Abweichung hängt am ehesten zusammen mit einer geringen Eingriffszahl in dieser Gruppe.

- **Liegedauer**

Die durchschnittliche postoperative Liegedauer nach Eingriff ohne primäre Infektion bis Auftreten einer sekundären Infektion betrug 16,26 Tage. Dies bezog sich auf die Daten von lediglich 26 Patienten von den 34 sekundären Infektionsfällen. Einige Patienten wurden zwischen dem ersten und dem Folgeeingriff entlassen und erst zur Revision und folgenden Therapie wieder stationär aufgenommen. Bei einigen war der Zeitpunkt der sekundären Infektion nicht eindeutig zu identifizieren.

Berechnet man für die Liegedauer das gesamte prä- und postoperative Zeitintervall zwischen stationärer Aufnahme- und Entlassungsdatum ergab dies eine durch-

schnittliche Liegedauer von 22,26 ± 15,63 Tagen bei den Patienten mit einer sekundären Infektion (Tab. 20).

*Tab. 20. Durchschnittliche Liegedauer mit sekundären Infektionen*

| | n | Min | Max | Mittelwert | Median | SD |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Liegedauer | 34 | 1 | 73 | 22,26 | 18,5 | 15,6 |

Im Vergleich zu den sekundären Infektionen lag die durchschnittliche Liegedauer der Patienten ohne eine Infektion signifikant darunter mit einem Mittelwert von 9,79 ± 9,87 Tagen (p=0,00000003; Mann-Whitney-U-Test) (Abb. 21; Tab. 20 und 21).

*Tab. 21. Durchschnittliche Liegedauer ohne primäre oder sekundäre Infektionen*

| | n | Min | Max | Mittelwert | Median | SD |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Liegedauer | 1416 | 0 | 121 | 9,79 | 8 | 9,87 |

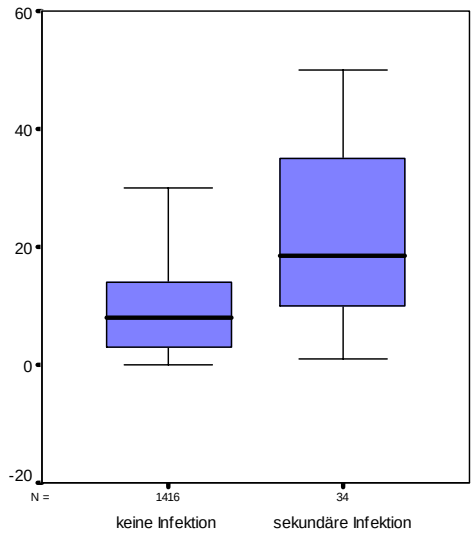


*Abb. 21. Durchschnittliche Liegedauer mit sekundärer Infektion und ohne Infektion*

Insgesamt fanden sich signifikante Unterschiede der Liegedauer bei sekundären Infektionen bei Betrachtung der Operationsgruppen I bis IV (p=2,49e-163; Kruskal-Wallis-H-Test).

*Tab. 22. Durchschnittliche Liegedauer der Operationsgruppen bei sekundärer Infektion*

| Op-Gruppe | n | Min | Max | Mittelwert | Median | SD |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Gruppe I | 27 | 2 | 73 | 26,37 | 23 | 14,94 |
| Gruppe II | 4 | 6 | 9 | 7 | 6,5 | 1,41 |
| Gruppe III | 3 | 1 | 10 | 5,67 | 6 | 4,51 |
| Gruppe IV | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Die durchschnittliche Liegedauer in der Operationsgruppe I bei sekundären Infektionen lag deutlich verlängert im Vergleich zu den anderen Operationsgruppen (Abb. 22; Tab. 22).

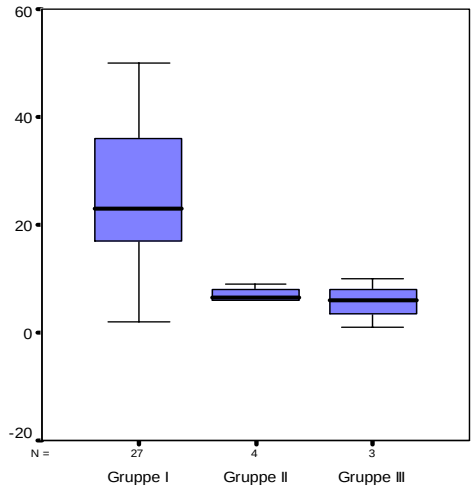


*Abb. 22. Durchschnittliche Liegedauer und Operationsgruppen mit sekundären Infektionen*

*Tab. 23. Durchschnittliche Liegedauer der Operationsgruppen ohne primäre oder sekundäre Infektion*

| Op-Gruppe | n | Min | Max | Mittelwert | Median | SD |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Gruppe I | 595 | 1 | 121 | 16,13 | 14 | 10,75 |
| Gruppe II | 676 | 0 | 42 | 5,53 | 4 | 5,63 |
| Gruppe III | 104 | 0 | 34 | 3,76 | 2 | 5,53 |
| Gruppe IV | 41 | 0 | 45 | 3,44 | 0 | 8,61 |

Bei einer Liegedauer ≤ 7 Tagen zeigte sich die Infektionsrate mit 0,86% (n=6 von 696 Eingriffen) kleiner als bei einer Liegedauer > 7 Tage mit 3,55% (n=28 von 788 Eingriffen). Es konnte ein signifikanter Effekt der Liegedauerkategorie auf die sekundäre Infektionsrate nachgewiesen werden (p=0,001; Chi-Quadrat nach Pearson).

*Tab. 24. Infektionsraten nach Liegedauerkategorien*

| Op-Gruppe | Untergruppe | Infektionsrate ≤ 7 d | Infektionsrate > 7 d | **Gesamt** |
|---|---|---|---|---|
| Gruppe I | | 2,22% | 4,30% | |
| | BSV | 0,00% | 3,70% | |
| | SKS | 0,00% | 4,40% | |
| | SRF | 25,00% | 11,11% | |
| | Trauma | 0,00% | 5,00% | |
| | sonstige spinale | 0,00% | 0,00% | |
| Gruppe II | | 0,58% | 0,00% | |
| | Schmerz INF spinale | 0,00% | 0,00% | |
| | Schmerz INF TGN | 4,76% | 7,14% | |
| | Schmerz OP | 0,00% | 0,00% | |
| Gruppe III | | 2,12% | 7,14% | |
| Gruppe IV | | 0,00% | 0,00% | |
| **Gesamt** | | **0,86%** | **3,55%** | |
| **Anzahl der Infektionen** | | **6** | **28** | **34** |
| **Anzahl der Eingriffe** | | **696** | **788** | **1484** |
| **Anzahl ohne sekundäre Infektionen** | | **690** | **760** | **1450** |

- **Intensivaufenthalt**

Von den 34 Patienten mit sekundären Infektionen mussten 4 (11,76%) für > 48 Stunden postoperativ auf der Intensivstation überwacht werden. Es konnte ein signifikanter Zusammenhang zwischen der Entwicklung einer sekundären Infektion und dem Aufenthalt auf der Intensivstation gefunden werden (p=0,001; Exakter Test nach Fisher). Die Infektionsrate der Intensivstationspatienten lag mit 22,2% deutlich höher als bei Patienten ohne Intensivaufenthalt (2,05%).

Im Vergleich der Patienten mit SRF in Abhängigkeit von einem Aufenthalt auf der Intensivstation zeigte sich eine Infektionsrate von 33,33% für Patienten mit SRF auf der Intensivstation und von 2,33% für SRF ohne Intensivstationsaufenthalt. Es konnte bei SRF ein signifikanter Effekt der Entwicklung einer sekundären Infektion bei Intensivaufenthalt nachgewiesen werden (p=0,018; Exakter Test nach Fisher).

Für Patienten mit Trauma konnte kein signifikanter Zusammenhang der Entwicklung einer sekundären Infektion und einem Aufenthalt auf der Intensivstation hergestellt werden (p=1,0; Exakter Test nach Fisher).

- **Ambulante versus stationäre Eingriffe**

In den Fällen einer sekundären Infektion gab es keine ambulanten Eingriffe mit Aufnahme und Entlassung an einem Tag.

- **Perioperative Antibiotikaprophylaxe**

Die Infektionsrate der Eingriffe mit ABP lag bei 6,06% (n=18) im Vergleich zu 1,35% ohne ABP (n=16). Es zeigte sich ein signifikanter Unterschied der Infektionsraten abhängig von einer ABP (p=0,000001; Chi-Quadrat nach Pearson) (Tab. 25).

*Tab. 25. Infektionsrate mit und ohne perioperative Antibiotikaprophylaxe*

| Op-Gruppe | Untergruppe | Infektionsrate mit ABP | Infektionsrate ohne ABP | **Gesamt** |
|---|---|---|---|---|
| Gruppe I | | 6,64% | 2,69% | |
| | BSV | 2,99% | 3,70% | |
| | SKS | 8,96% | 0,00% | |
| | SRF | 18,52% | 0,00% | |
| | Trauma | 0,00% | 0,00% | |
| | sonstige spinale | 0,00% | 0,00% | |
| Gruppe II | | 0,00% | 0,62% | |
| | Schmerz INF spinale | 0,00% | 0,00% | |
| | Schmerz INF TGN | 0,00% | 5,26% | |
| | Schmerz OP | 0,00% | 0,00% | |
| Gruppe III | | 13,33% | 1,07% | |
| Gruppe IV | | 0,00% | 0,00% | |
| **Gesamt** | | **6,06%** | **1,35%** | |
| | | | | |
| **Anzahl der sekundären Infektionen** | | **18** | **16** | **34** |
| **Anzahl der Eingriffe** | | **297** | **1187** | **1484** |
| | | | | |
| **Anzahl ohne sekundäre Infektionen** | | **279** | **1171** | **1450** |

In der ABP-Kategorie ≤ 24 Stunden zeigte sich die Infektionsrate mit 2,5% (n=27 von 1079 Eingriffen) signifikant niedriger als bei prolongierter ABP >24 Stunden mit 10% (n=6 von 60 Eingriffen)(p=0,006; Exakter Test nach Fisher) (Tab. 26).

*Tab. 26. Infektionsraten nach Antibiotikaprophylaxe*

| Op-Gruppe | Untergruppe | Infektionsrate ABP ≤ 24 h | Infektionsrate ABP > 24 h | **Gesamt** |
|---|---|---|---|---|
| Gruppe I | | 4,21% | 12,00% | |
| | BSV | 3,13% | 12,00% | |
| | SKS | 5,88% | 6,25% | |
| | SRF | 16,00% | 16,67% | |
| | Trauma | 0,00% | 50,00% | |
| | sonstige spinale | 0,00% | 0,00% | |
| Gruppe II | | 0,84% | 0,00% | |
| | Schmerz INF spinale | 0,00% | 0,00% | |
| | Schmerz INF TGN | 6,90% | 0,00% | |
| | Schmerz OP | 0,00% | 0,00% | |
| Gruppe III | | 3,33% | 0,00% | |
| Gruppe IV | | 0,00% | 0,00% | |
| **Gesamt** | | **2,50%** | **10,00%** | |
| | | | | |
| **Anzahl der Infektionen** | | **27** | **6** | **33** |
| **Anzahl der Eingriffe** | | **1079** | **60** | **1139** |
| | | | | |
| **Anzahl ohne sekundäre Infektionen** | | **1052** | **54** | **1106** |

In 77,78% (n=14) der 18 Fälle mit einer sekundären Infektion, bei denen perioperativ ein Antibiotikum verabreicht wurde, erfolgte die Gabe von Cephalosporinen. Davon wurde zu 76,47% (n=13) am häufigsten Cefazolin - ein Cephalosporin der 1. Generation - eingesetzt. In 38,89% wurde eine Einmalgabe (*Single-shot*) verabreicht und in 27,78% erfolgte eine ABP über 24 Stunden. Bei Unterteilung der Dauer der ABP bei sekundären Infektionen fanden sich mit 66,67% (n= 12) mehr Gaben ≤ 24 Stunden als prolongierte Verabreichungen > 24 Stunden (33,33%; n=6) hinaus (Tab. 27).

*Tab. 27. Dauer und Art der Antibiotikaprophylaxe bei sekundärer Infektion*

| ABP Dauer | Augmentan | Ciprofloxacin | Cefazolin | Cefazolin/ Ciprofloxacin | Ceftriaxon | **Gesamt** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Single-shot | 1 | | 4 | 1 | 1 | **7** |
| 24 h | | | 5 | | | **5** |
| 48 h | | 1 | | 1 | | **2** |
| 72 h | 1 | | | | | **1** |
| 96 h | | | 1 | | | **1** |
| 120 h | | 1 | 1 | | | **2** |
| fehlende Daten | | | | | | |
| **Gesamt** | **2** | **2** | **11** | **2** | **1** | **18** |

Cephalosporine wurden in über 90% der Eingriffe ohne eine Infektion erfolgreich prophylaktisch gegeben. Zu 86,36% wurde Cefazolin, davon als *Single-shot* zu 34,85% (n=92) oder für ≤ 24 Stunden zu 35,23% (n=93), gegeben. Auch Cephalosporine der 2. (Cefuroxim) und 3. (Cefotaxim) Generation wurden zur Infektionsprophylaxe verabreicht. Die Dauer der ABP lag größtenteils bei der Einmalgabe (39,02%) und der Gabe für ≤ 24 Stunden (37,5%) in 76,52% der Fälle (Tab. 28).

*Tab. 28. Dauer und Art der Antibiotikaprophylaxe ohne postoperative Infektion*

| ABP Dauer | Augmentan | Avalox | Cefazolin | Cefotaxim | Cefuroxim | Ciprofloxacin | Clindamycin | Cotrimoxazol | Penicillin | **Gesamt** | **Prozent** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Single-shot | 4 | | 92 | 2 | 3 | 1 | 1 | | | **103** | **39,02%** |
| 24 h | 1 | | 93 | 1 | 1 | 2 | | 1 | | **99** | **37,50%** |
| 48 h | 1 | | 24 | 1 | 1 | | | | 1 | **28** | **10,61%** |
| 72 h | 2 | | 11 | 1 | | | | | | **14** | **5,30%** |
| 96 h | | 1 | 4 | | | | | | | **5** | **1,89%** |
| 120 h | | | 3 | | | | | | | **3** | **1,14%** |
| 144 h | | | 1 | | | | | | | **1** | **0,38%** |
| **fehlende Daten** | | | | | | | | | | **11** | **4,17%** |
| **Gesamt** | **8** | **1** | **228** | **5** | **5** | **3** | **1** | **1** | **1** | **264** | **100%** |

Von den 34 Ereignissen einer sekundären Infektion nach Eingriffen ohne primäre Infektion hatten 18 (52,94%) eine ABP und 16 (47,06%) keine ABP erhalten (Tab. 29).

*Tab. 29. Antibiotikaprophylaxe mit Operationsgruppen sekundäre Infektionen*

| Op-Gruppe | Untergruppe | ABP | Prozent % | Keine ABP | Prozent % | **Gesamt** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Gruppe I | | 16 | 59,26 | 11 | 40,74 | **27** |
| | BSV | 4 | 26,67 | 11 | 73,33 | **15** |
| | SKS | 6 | 100 | 0 | 0 | **6** |
| | SRF | 5 | 100 | 0 | 0 | **5** |
| | Trauma | 1 | 100 | 0 | 0 | **1** |
| | sonstige spinale | 0 | 0 | 0 | 0 | **0** |
| Gruppe II | | 0 | 0 | 4 | 100 | **4** |
| | Schmerz INF spinale | 0 | | 0 | | **0** |
| | Schmerz INF TGN | 0 | | 4 | | **4** |
| | Schmerz OP | 0 | | 0 | | **0** |
| Gruppe III | | 2 | 66,67 | 1 | 33,33 | **3** |
| Gruppe IV | | 0 | 0 | 0 | 0 | **0** |
| **Gesamt** | | **18** | **52,94** | **16** | **47,06** | **34** |

Bei 16 der 18 Patienten, die trotz ABP eine Infektion erlitten, wurde ein Eingriff in der Operationsgruppe I, davon 5 bei SRF, 4 bei BSV, 6 bei SKS und 1 Eingriff bei Trauma, durchgeführt. In den anderen 2 Fällen erfolgte eine Operation in der Operationsgruppe III, jeweils Eingriffe bei Ulnarisrinnensyndrom.

- **Keimspektrum**

Es konnten bei 26 von 34 Eingriffen mit sekundären Infektionen Kulturen aus Wundabstrichen oder Blutkulturen erfolgreich angelegt werden. Insgesamt zeigten sich bei den 26 Kulturen 34 Erreger (80,95%), davon 16 verschiedene Erreger. Diese waren verteilt auf 5 polymikrobielle und 13 isolierte Kulturen. In 19,05% der Fälle (n=8) war ein Keimnachweis nicht möglich (Tab. 30).

*Tab. 30. Keimspektrum bei sekundären Infektionen*

| Erreger sekundärer Infektionen | Abszess spinal | Empyem spinal | Fremdkörper-infekt | Meningitis | Sepsis | Wundinfektion | **Gesamt** | **Prozent** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Staph. aureus | 7 | | | | | 3 | **10** | **23,81%** |
| Staph. epidermidis | | 1 | 1 | 1 | | 4 | **7** | **16,67%** |
| Enterococcus faecalis | 1 | | | | | 2 | **3** | **7,14%** |
| E.coli | | | | | 1 | 1 | **2** | **4,76%** |
| Citrobacter koseri | | | | | | 1 | **1** | **2,38%** |
| Enterobacter aerogenes | | | | | | 1 | **1** | **2,38%** |
| grampositive Stäbchen | 1 | | | | | | **1** | **2,38%** |
| Koag.neg.Staph. | | | | | | 1 | **1** | **2,38%** |
| Peptostreptococcus species | | | | 1 | | | **1** | **2,38%** |
| Propionibacterium acnes | | | | | | 1 | **1** | **2,38%** |
| Serratia marcescens | 1 | | | | | | **1** | **2,38%** |
| Streptococcus mitis | | | | 1 | | | **1** | **2,38%** |
| Streptococcus oralis | | | | 1 | | | **1** | **2,38%** |
| Morganella morganii | | | | | | 1 | **1** | **2,38%** |
| Streptococcus pyogenes | 1 | | | | | | **1** | **2,38%** |
| Hefen | 1 | | | | | | **1** | **2,38%** |
| **Anzahl der Erreger** | **12** | **1** | **1** | **4** | **1** | **15** | **34** | **80,95%** |
| kein Keimnachweis | 1 | | | 1 | | 6 | **8** | **19,05%** |
| **Infektionsfälle** | **10** | **1** | **1** | **5** | **1** | **16** | **34** | |

Es konnten zu 79,41% (n=27) grampositive Erreger, zu 17,65% (n=6) gramnegative Erreger und zu 2,94% (n=1) Hefen nachgewiesen werden (Abb. 23).

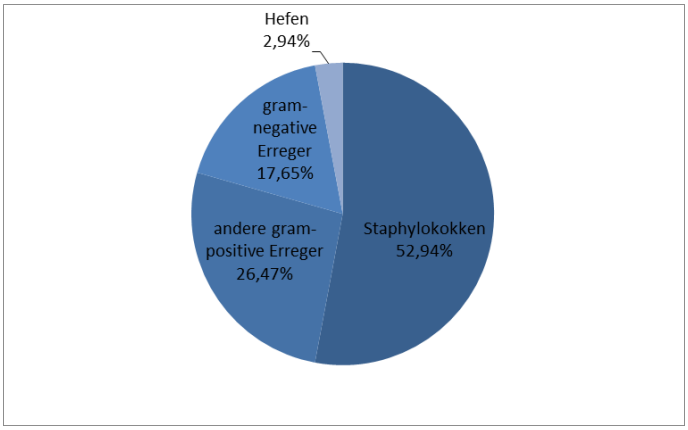


*Abb. 23. Verteilung der Erreger bei sekundären Infektionen*

Es zeigte sich eine Dominanz der Staphylokokken (n=18) mit 52,94% unter den Erregern (Abb. 23). Das Auftreten von Staphylococcus aureus isoliert wurde in 5 der spinalen Abszesse und 2 der Wundinfektionen registriert (Tab. 30). In Kombination mit multiplen Erregern zeigte sich der Staphylococcus aureus in 3 Fällen.

Ursächlich für spinale Abszesse zeigten sich zu 83,33% grampositive Erreger (insgesamt 58,33% Staphyloccus aureus), zu 8,33% gramnegative Erreger und zu 8,33% Hefen. In den 9 Kulturen fanden sich 2 polymikrobiell ohne Beteiligung gramnegativer Erreger und 7 isolierte Erreger.

Als Auslöser der Wundinfektionen konnten 73,33% grampositive (n=11) und 26,67% gramnegative Erreger (n=4) - alle in Kombination mit anderen Keimen (polymikrobiell) - nachgewiesen werden. Enterococcus faecalis zeigte sich in 66,67% (n=2) der 3 polymikrobiellen Kulturen, jeweils in Kombination mit gramnegativen Erregern. Ein isolierter Erregernachweis ergab sich in 6 Kulturen (Tab. 31).

*Tab. 31. Keimspektrum sekundärer spinaler Abszesse und Wundinfektionen (polymikrobielle und isolierte Kulturen)*

| Erreger sekundärer Infektionen | Abszess spinal | Wundinfektion | **Gesamt** |
|---|---|---|---|
| Staph. aureus | 5 | 2 | **7** |
| Staph. aureus und Streptococcus pyogenes | 1 | | **1** |
| Staph. aureus, Enterococcus faecalis und Hefen | 1 | | **1** |
| grampositive Stäbchen | 1 | | **1** |
| Serratia marcescens | 1 | | **1** |
| Staph. epidermidis | | 3 | **3** |
| Citrobacter koseri, Morganella morganii, Enterococcus faecalis | | 1 | **1** |
| Enterobacter aerogenes, Enterococcus faecalis und E. coli | | 1 | **1** |
| Koag. neg. Staph. | | 1 | **1** |
| Propionibacterium acnes | | 1 | **1** |
| Staph. Aureus und Staph. epidermidis | | 1 | **1** |
| **Anzahl der Kulturen** | **9** | **10** | **19** |
| kein Keimnachweis | 1 | 6 | **7** |
| **Anzahl der Infekte** | **10** | **16** | **26** |

Bei den Patienten mit Meningitiden wurden zu 100% grampositive Erreger, davon 50% Streptokokken und 25% Staphylococcus aureus. Alle Kulturen wiesen isolierte Keime auf (Tab. 32).

*Tab. 32. Keimspektrum sekundärer Meningitiden*

| Erreger sekundärer Infektionen | Meningitis |
|---|---|
| Staph. epidermidis | 1 |
| Peptostreptococcus species | 1 |
| Streptococcus mitis | 1 |
| Streptococcus oralis | 1 |
| **Anzahl der Kulturen** | **4** |
| kein Keimnachweis | 2 |
| **Anzahl der Infekte** | **4** |

Im Falle der Sepsis wurde ein gramnegativer E. coli-Erreger in einer Blutkultur nachgewiesen. Als Ursache des spinalen Empyems und des Fremdkörperinfektes zeigte sich jeweils ein grampositiver Staphylococcus epidermidis (Tab.30 s. o.).

Von den 9 Erregern der 4 sekundären Infektionsfälle auf der Intensivstation zeigten sich in 44,44% grampositive und in 55,56% gramnegative Erreger. In 2 Kulturen fand sich ein multipler Erregernachweis und in 4 Kulturen konnte jeweils ein Erreger isoliert werden. Es traten zu 60% der polymikrobiellen Keime gramnegative Erreger (n=3) und zu 40% Enterococcus faecalis-Erreger auf.

Bei den 18 Infektionsfällen mit Anwendung einer perioperativen Antibiotikaprophylaxe konnten insgesamt 17 Erreger, davon 11 verschiedene Erreger, nachgewiesen werden. Dabei traten 3 polymikrobielle Kulturen auf und in 9 Kulturen erfolgte ein isolierter Keimnachweis. In 26,1% konnte kein Erreger nachgewiesen werden (Tab. 33).

*Tab. 33. Keimspektrum sekundärer Infektionen mit perioperativer Antibiotikaprophylaxe*

| Erreger sekundärer Infektionen mit ABP | Abszess spinal | Empyem spinal | Fremdkörper-infekt | Meningitis | Sepsis | Wundinfektion | **Gesamt** | **Prozent** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Staph. aureus | 2 | | | | | 2 | **4** | **17,39%** |
| Staph. epidermidis | | 1 | 1 | | | 1 | **3** | **13,04%** |
| Enterococcus faecalis | | | | | | 2 | **2** | **8,70%** |
| Citrobacter koseri | | | | | | 1 | **1** | **4,35%** |
| E.coli | | | | | | 1 | **1** | **4,35%** |
| Enterobacter aerogenes | | | | | | 1 | **1** | **4,35%** |
| grampositive Stäbchen | 1 | | | | | | **1** | **4,35%** |
| Peptostreptococcus species | | | | 1 | | | **1** | **4,35%** |
| Serratia marcescens | 1 | | | | | | **1** | **4,35%** |
| Morganella morganii | | | | | | 1 | **1** | **4,35%** |
| Streptococcus pyogenes | 1 | | | | | | **1** | **4,35%** |
| **Anzahl der Erreger** | **5** | **1** | **1** | **1** | **0** | **9** | **17** | **73,9%** |
| kein Keimnachweis | 1 | | | | | 5 | **6** | **26,1%** |
| **Infektionsfälle** | **5** | **1** | **1** | **1** | **0** | **10** | **18** | |

Grampositive Erreger zeigten sich zu 70,59% (n=12) der Keime und gramnegative zu 29,41% (n=5). Es fanden sich insgesamt 41,18% Staphylokokken (n=7). In den 3 polymikrobiellen Kulturen waren zu 50% gramnegative Erreger und zu 25% Enterococcus faecalis-Erreger nachzuweisen. Isolierte Keime in den Kulturen konnten in 9 Kulturen gezüchtet werden, darunter 88,89% grampositive Keime (Tab. 33).

Bei den 16 sekundären Infektionsfällen ohne Durchführung einer Antibiotikaprophylaxe konnten 17 Erreger, davon 9 verschiedene, nachgewiesen werden. Es zeigten sich 2 Kulturen mit multiplem Erregernachweis und 12 Kulturen mit isoliertem Keimnachweis. In 10,53% (n=2) konnte kein Keimnachweis erfolgen (Tab. 34).

*Tab. 34. Keimspektrum sekundärer Infektionen ohne perioperative Antibiotikaprophylaxe*

| Erreger sekundärer Infektionen ohne ABP | Abszess spinal | Empyem spinal | Fremdkörper-infekt | Meningitis | Sepsis | Wundinfektion | **Gesamt** | **Prozent** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Staph. aureus | 5 | | | | | 1 | **6** | **31,58%** |
| Staph. epidermidis | | | | 1 | | 3 | **4** | **21,05%** |
| E.coli | | | | | 1 | | **1** | **5,26%** |
| Koag.neg.Staph. | | | | | | 1 | **1** | **5,26%** |
| Propionibacterium acnes | | | | | | 1 | **1** | **5,26%** |
| Streptococcus mitis | | | | 1 | | | **1** | **5,26%** |
| Streptococcus oralis | | | | 1 | | | **1** | **5,26%** |
| Enterococcus faecalis | 1 | | | | | | **1** | **5,26%** |
| Hefen | 1 | | | | | | **1** | **5,26%** |
| **Anzahl der Erreger** | **7** | **0** | **0** | **3** | **1** | **6** | **17** | **89,47%** |
| kein Keimnachweis | | | | 1 | | 1 | **2** | **10,53%** |
| | | | | | | | | |
| **Infektionsfälle** | **5** | **0** | **0** | **4** | **1** | **6** | **16** | |

Den Großteil machten dabei die grampositiven Erreger mit 88,23% der Erreger aus. Gramnegative Keime und Hefen fanden sich in jeweils 5,88% der Kulturen. Dabei stammten 11 (64,71%) der kultivierten 17 Erreger aus der Gruppe der Staphylokokken. In den polymikrobiellen Kulturen (n=2) zeigten sich keine gramnegativen Erreger und Enterococcus faecalis wurde einmal (20%) nachgewiesen. Bei den isolierten Keimen (n=12) fanden sich zu 91,67% grampositive Erreger (Tab. 34).

### 3.4.1 Wirbelsäuleneingriffe (Gruppe I)

Ausgehend von den 650 Eingriffen ohne primäre Infektion und den 27 sekundär aufgetretenen Infektionen ergab sich eine durchschnittliche Infektionsrate von 4,15% in der Operationsgruppe I. Unterteilt auf die verschiedenen Diagnoseuntergruppen fanden sich die meisten aller sekundären Infektion mit 44,12% (n=15) nach einer BSV-Operation (Tab. 9 s.o.). Die Infektionsraten für BSV lagen bei 3,48%, für SKS bei 3,97%, für SRF bei 12,5% und für Trauma bei 4,55%.

Im Vergleich dazu lagen die Infektionsraten ohne SRF mit 2,01% (p=0,002; Exakter Test nach Fisher) und ohne BSV mit 1,8% (p=0,05; Chi-Quadrat nach Pearson) jeweils signifikant niedriger.

Auch die Infektionsraten ohne SKS mit 2,1% (p=0,149; Exakter Test nach Fisher) und ohne Trauma mit 2,26% (p=0,402; Exakter Test nach Fisher) waren geringer. Dies war nicht signifikant.

Es konnten insgesamt bei den 27 sekundären Infektionen in Operationsgruppe I 13 Wundinfekte (48,15%), 10 intraspinale Abszesse (37,04%) und je ein spinales Empyem, ein Fremdkörperinfekt, eine Meningitis und eine Sepsis festgestellt werden (Abb. 24; Tab. 35).

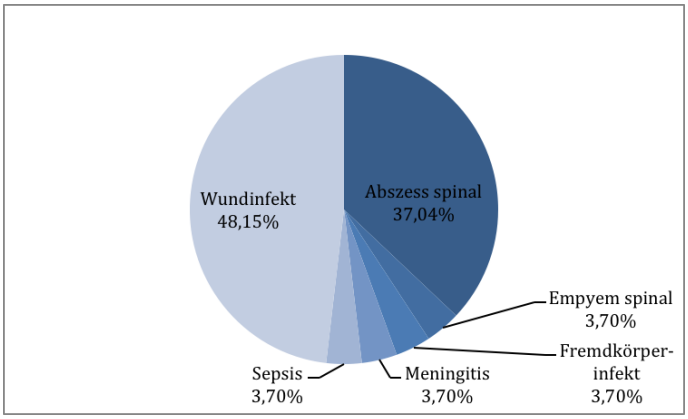


*Abb. 24. Sekundäre Infektionen der Operationsgruppe I*

*Tab. 35. Sekundäre Infektionen der Operationsgruppe I*

| Op-Gruppe | Untergruppe | Abszess spinal | Empyem spinal | Fremdkörperinfekt | Meningitis | Sepsis | Wundinfektion | **Gesamt** | **Prozent %** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Gruppe I | | | | | | | | | |
| | BSV | 7 | 1 | | | 1 | 6 | 15 | 55,56 |
| | SKS | 1 | | | 1 | | 4 | 6 | 22,22 |
| | SRF | 2 | | | | | 3 | 5 | 18,52 |
| | Trauma | | | 1 | | | | 1 | 3,7 |
| | sonstige spinale | | | | | | | | 0 |
| **Gesamt** | | **10** | **1** | **1** | **1** | **1** | **13** | **27** | **100** |

Die Verteilung der Infektionsfälle auf die verschiedenen Diagnosen ergab bei BSV 7 spinale Abszesse, 6 Wundinfekte, eine Sepsis und ein spinales Empyem (Tab. 35). Alle 7 Abszesse und 2 der Wundinfekte wurden einmal revidiert. Das spinale Empyem wurde zweimal revidiert.

Bei SRF fanden sich 2 spinale Abszesse und 3 Wundinfekte, von denen zwei Wundinfektionen und beide spinalen Abszesse operativ revidiert werden mussten (Tab. 35).

Bei SKS gab es einen spinalen Abszess, einen Fall von Meningitis sowie 4 Wundinfekte (Tab. 35). Der Abszess wurde operativ revidiert und ebenso einer der Wundinfekte.

Bei den spinalen Traumata fand sich eine Fremdkörperinfektion, welche konservativ behandelt werden konnte.

Nach Unterteilung in das jeweilige Höhensegment an der Wirbelsäule war der Großteil der Eingriffe mit sekundären Infektionen mit 88,89% (n=24) den lumbalen Eingriffen im Vergleich zu 11,11% (n=3) zervikalen zuzuordnen (Tab. 36). Die Infektionsrate für zervikale sekundäre Infektionen lag bei 0,46% und die der lumbalen Eingriffe bei 3,69%. Es konnte kein signifikanter Unterschied der Infektionsraten gefunden werden (p=0,234 Exakter Test nach Fisher, OR 2,234, 95% KI 0,66 bis 7,53).

*Tab. 36. Sekundäre Infektionen nach zervikalen und lumbalen Eingriffe in der Operationsgruppe I*

| Op-Gruppe | Untergruppe | zervikal | lumbal | **Gesamt** |
|---|---|---|---|---|
| Gruppe I | | | | |
| | BSV | 3 | 12 | **15** |
| | SKS | | 6 | **6** |
| | SRF | | 5 | **5** |
| | Trauma | | 1 | **1** |
| | sonstige spinale | | | |
| **Gesamt** | | **3** | **24** | **27** |

- **Alters- und Geschlechterverteilung**

Im Vergleich des Altersdurchschnitts in der Operationsgruppe I bei sekundären Infektionen zeigte sich ein signifikant höheres Durchschnittsalter als bei Eingriffen ohne Infektion (Tab. 12 und 13) (p=0,022; Mann-Whitney-U-Test).

In der Operationsgruppe I konnte kein signifikanter Zusammenhang zwischen Alter und sekundärer Infektion Ereignis festgestellt werden (BSV p=0,111, Mann-Whitney-U-Test; SKS p=0,059, Mann-Whitney-U-Test; SRF p=0,951, exakte Signifikanz, Mann-Whitney-U-Test; Trauma p=0,444 exakte Signifikanz, Mann-Whitney-U-Test) (Tab. 37 und 38).

*Tab. 37. Altersdurchschnitt sekundäre Infektionen Operationsgruppe I*

| Op-Gruppe | n | Min | Max | Mittelwert | Median | SD |
|---|---|---|---|---|---|---|
| BSV | 15 | 40,95 | 67,3 | 52,95 | 52 | 8,85 |
| SKS | 6 | 62,79 | 87,33 | 72,69 | 69,58 | 10,18 |
| SRF | 5 | 31,77 | 73,42 | 57,45 | 59,46 | 15,58 |
| Trauma | 1 | 78,87 | 78,87 | 78,87 | 78,87 | |
| sonstige spinale | 0 | | | | | |

*Tab. 38. Altersdurchschnitt ohne Infektionen Operationsgruppe I*

| Op-Gruppe | n | Min | Max | Mittelwert | Median | SD |
|---|---|---|---|---|---|---|
| BSV | 397 | 14,04 | 83,85 | 48,01 | 47,35 | 12,19 |
| SKS | 142 | 0 | 84,95 | 61,9 | 64,32 | 12,99 |
| SRF | 34 | 2,47 | 80,74 | 55,34 | 58,9 | 17,75 |
| Trauma | 17 | 27,88 | 80,9 | 57,43 | 61,57 | 19,82 |
| sonstige spinale | 5 | 8,08 | 76,51 | 40,38 | 26,16 | 30,68 |

Bei insgesamt 10 weiblichen (37%) und 17 männlichen Patienten (63%) kam es zu einer sekundären Infektion. Es zeigte sich keine signifikanter Zusammenhang (p=0,903; Chi-Quadrat nach Pearson).

- **Operationsdauer**

Es konnte in der Operationsgruppe I ein signifikanter Zusammenhang zwischen einer sekundären Infektion und der Operationsdauer festgestellt werden (p=0,017; Mann-Whitney-U-Test).

Es zeigte sich ein Unterschied in der Länge der Operationsdauer und dem Auftreten einer sekundären Infektion. Dies war bei den BSV-Eingriffen signifikant (p=0,044, Mann-Whitney-U-Test). Bei den Eingriffen wegen SKS (p=0,337, Mann-Whitney-U-Test), der SRF (p=0,449, exakte Signifikanz, Mann-Whitney-U-Test) und Trauma (p=0,889, exakte Signifikanz, Mann-Whitney-U-Test) zeigte sich jedoch kein signifikanter Zusammenhang (Tab. 39 und 40).

*Tab. 39. Durchschnittliche Operationsdauer in der Operationsgruppe I mit sekundären Infektionen*

| Op-Gruppe | n | Min | Max | Mittelwert | Median | SD |
|---|---|---|---|---|---|---|
| BSV | 15 | 93 | 276 | 136,33 | 137 | 42,93 |
| SKS | 6 | 100 | 200 | 148,83 | 145,5 | 40,46 |
| SRF | 5 | 117 | 182 | 153,6 | 155 | 25,046 |
| Trauma | 1 | 80 | 80 | 80 | 80 | |
| sonstige spinale | 0 | | | | | |

*Tab. 40. Durchschnittliche Operationsdauer in der Operationsgruppe I ohne Infektionen*

| Op-Gruppe | n | Min | Max | Mittelwert | Median | SD |
|---|---|---|---|---|---|---|
| BSV | 397 | 5 | 290 | 115,55 | 109 | 50,51 |
| SKS | 141 | 23 | 379 | 134,54 | 124 | 65,01 |
| SRF | 34 | 31 | 546 | 159,85 | 122,5 | 118,32 |
| Trauma | 17 | 19 | 416 | 123,94 | 100 | 95,41 |
| sonstige spinale | 5 | 19 | 282 | 153,4 | 145 | 126,31 |

- **Liegedauer**

Die mittlere Liegedauer zwischen Aufnahme- und Entlassungsdatum in der Operationsgruppe I mit darauffolgender sekundärer Infektion betrug 26,37 ± 14,94 Tage (*range* 2 – 73 Tage, Median 23 Tage) (Tab. 22 s.o.). Ohne Auftreten eines Infektionsfalls lag die durchschnittliche Liegedauer bei 16,13 ± 10,75 Tagen (*range* 1 – 121 Tage, Median 14 Tage) deutlich und hoch signifikant verkürzt (Tab. 23 s.o.) (p=0,000003, Mann-Whitney-U-Test).

Bei den BSV - und bei SKS - Eingriffen konnte zwischen der Liegedauer und dem Auftreten einer sekundären Infektion ein signifikanter Unterschied gefunden werden (p=0,0001, bzw. p=0,015, Mann-Whitney-U-Test). Nach der SRF –Operation und Trauma zeigte sich kein signifikanter Unterschied (p=0,823, bzw. p=0,444, exakte Signifikanz Mann-Whitney-U-Test) (Tab. 41 und 42).

*Tab. 41. Durchschnittliche Liegedauer in der Operationsgruppe I mit sekundären Infektionen*

| Op-Gruppe | n | Min | Max | Mittelwert | Median | SD |
|---|---|---|---|---|---|---|
| BSV | 15 | 8 | 73 | 26,6 | 21 | 16,1 |
| SKS | 6 | 16 | 50 | 26,67 | 24 | 12,11 |
| SRF | 5 | 2 | 45 | 23,6 | 17 | 18,23 |
| Trauma | 1 | 35 | 35 | 35 | 35 | |
| sonstige spinale | 0 | | | | | |

*Tab. 42. Durchschnittliche Liegedauer in der Operationsgruppe I ohne Infektionen*

| Op-Gruppe | n | Min | Max | Mittelwert | Median | SD |
|---|---|---|---|---|---|---|
| BSV | 397 | 2 | 74 | 14,65 | 14 | 7,8 |
| SKS | 142 | 1 | 73 | 17,3 | 15 | 9,03 |
| SRF | 34 | 3 | 100 | 23,24 | 16 | 22,26 |
| Trauma | 17 | 2 | 121 | 28,94 | 29 | 25,97 |
| sonstige spinale | 5 | 4 | 14 | 9,2 | 8 | 4,21 |

Betrachtet man das Zeitintervall von der ersten Operation bis zur notwendigen Revision oder Antibiotikagabe in der Gruppe der Wirbelsäuleneingriffe und der sekundären Infektionen ergibt sich eine durchschnittliche Liegedauer von 14,83 Tagen. Es muss berücksichtigt werden, dass bei dieser Berechnung, aufgrund Datenmangels, nur 23 von den 27 Patienten einfließen konnten.

- **Perioperative Antibiotikaprophylaxe**

Insgesamt erfolgte in den 27 Fällen mit einer sekundären Infektion zu 59,26% (n=16) eine ABP. Die Infektionsrate der Eingriffe mit ABP lag bei 6,64% (n=16) im Vergleich zu 2,69% ohne ABP (n=11). Es ergab sich ein signifikanter Zusammenhang einer sekundären Infektion mit einer ABP (p=0,015; Chi-Quadrat-Test nach Pearson; OR 2,574 95% KI 1,174 bis 5,640) (Tab. 43).

*Tab. 43. Antibiotikaprophylaxe in der Operationsgruppe I*

| | sekundäre Infektion | keine sekundäre Infektion | **Gesamt** |
|---|---|---|---|
| ABP | 16 | 225 | **241** |
| keine ABP | 11 | 398 | **409** |
| **Gesamt** | **27** | **623** | **650** |

Für ABP ≤ 24 Stunden zeigte sich die Infektionsrate mit 4,21% (n=20 von 475 Eingriffen) signifikant niedriger als bei prolongierter Antibiotikaprophylaxe mit 12% (n=6 von 50 Eingriffen) (p=0,029; Exakter Test nach Fisher) (Tab. 26).

Die ABP erfolgte in 5 Eingriffen wegen SRF, in 4 Eingriffen bei BSV, in 6 Eingriffen bei SKS und in einem Fall bei Trauma. In den 11 Fällen ohne ABP handelte es sich um Eingriffe bei BSV, zwei davon zervikal und in den 9 anderen Fällen lumbal. Es zeigte sich nur bei BSV – Eingriffen mit 2,99% (n=4) eine geringere Infektionsrate nach ABP als ohne ABP mit 3,7% (n=11) (p=1,0; Exakter Test nach Fisher) (Tab.

25). In den anderen spinalen Operationsuntergruppen zeigte sich jeweils eine höhere Infektionsrate für die Fälle mit einer ABP (Tab. 25).

- **Keimspektrum**

In der Operationsgruppe I wurden bei den 27 sekundären Infektionen 31 Erreger (88,57%), dabei 16 verschiedene, nachgewiesen. In 4 Fällen konnte kein Keimnachweis erfolgen (11,43%) (Tab. 44).

*Tab. 44. Keimspektrum in der Operationsgruppe I mit einer sekundären Infektion*

| Erreger sekundärer Infektionen: Gruppe I | Abszess spinal | Empyem spinal | Fremdkörper - Infekt | Meningitis | Sepsis | Wundinfektion | **Gesamt** | **Prozent** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Staph. aureus | 7 | | | | | 3 | **10** | **28,57%** |
| Staph. epidermidis | | 1 | 1 | | | 4 | **6** | **17,14%** |
| Enterococcus faecalis | 1 | | | | | 2 | **3** | **8,57%** |
| E.coli | | | | | 1 | 1 | **2** | **5,71%** |
| Enterobacter aerogenes | | | | | | 1 | **1** | **2,86%** |
| Serratia marcescens | 1 | | | | | | **1** | **2,86%** |
| Citrobacter koseri | | | | | | 1 | **1** | **2,86%** |
| grampositive Stäbchen | 1 | | | | | | **1** | **2,86%** |
| Koag.neg.Staph. | | | | | | 1 | **1** | **2,86%** |
| Peptostreptococcus species | | | | 1 | | | **1** | **2,86%** |
| Propionibacterium acnes | | | | | | 1 | **1** | **2,86%** |
| Morganella morganii | | | | | | 1 | **1** | **2,86%** |
| Streptococcus pyogenes | 1 | | | | | | **1** | **2,86%** |
| Hefen | 1 | | | | | | **1** | **2,86%** |
| **Anzahl der Erreger** | **12** | **1** | **1** | **1** | **1** | **15** | **31** | **88,57%** |
| kein Keimnachweis | 1 | | | | | 3 | **4** | **11,43%** |
| **Infektionsfälle** | **10** | **1** | **1** | **1** | **1** | **13** | **27** | |

Dabei zeigten sich 24 grampositive Erreger (77,42%), 6 gramnegative Erreger (19,35%) und in einem Fall (3,23%) Hefen als Auslöser für sekundäre Infektionen (Tab. 44).

*Tab. 45. Verteilung des Keimspektrums Operationsgruppe I*

| Op-Gruppe | Untergruppe | Erregeranzahl | gram-positiv | gram-negativ | Hefen | polymikrobielle Kulturen | polymikrobiell mit gram-negativen Erregern | polymikrobiell mit Enterococcus faecalis | isolierte Kulturen |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Gruppe I | | | | | | | | | |
| | BSV | 16 | 14 | 1 | 1 | 2 | 0 | 1 | 11 |
| | SKS | 7 | 5 | 2 | 0 | 1 | 2 | 1 | 2 |
| | SRF | 7 | 4 | 3 | 0 | 1 | 2 | 1 | 4 |
| | Trauma | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| **Gesamt** | | **31** | **24** | **6** | **1** | **4** | **4** | **3** | **18** |

Nach den BSV-Eingriffen ließen sich 87,5% grampositive (n=14), 6,25% gramnegative Erreger und 6,25% Hefen nachweisen. Zwei Kulturen waren polymikrobiell: in einem Fall mit einem Enterococcus faecalis Nachweis und in keinem Fall mit gramne-

gativen Erregern. Es konnten in den Monokulturen 90,91% grampositive Erreger (n=10), davon in 8 von 11 Fällen Staphylokokken, isoliert werden (Tab. 45).

Nach den SKS-Eingriffen fanden sich 71,43% grampositive und 28,57% gramnegative Erreger. In der polymikrobiellen Kultur konnten 100% (n=2) der gramnegativen Erreger und 100% des Enterococcus faecalis-Erregers nachgewiesen werden (Tab. 45).

Nach den SRF-Eingriffen traten zu 57,14% grampositive und zu 42,86% gramnegative Erreger auf. In der polymikrobiellen Kultur fanden sich 66,67% der gramnegativen Erreger und ein Enterococcus faecalis-Keim (Tab. 45).

Nach dem Trauma-Eingriff wurde zu 100% (n=1) ein grampositiver Staphylococcus epidermidis isoliert (Tab. 45).

### 3.4.2 Schmerzeingriffe (Gruppe II)

In der Operationsgruppe II zeigte sich eine Infektionsrate von 0,58% bei 4 von 685 Fällen ohne eine primäre Infektion. Aus den vorliegenden Daten ist nicht klar ersichtlich wann der Infektionseintritt bemerkt wurde und es erfolgte in keinem Fall eine operative Revision. In allen 4 Fällen traten Meningitiden nach Glycerin-Rhizotomien bei Trigeminusneuralgie (Schmerz INF TGN) auf. Demnach lag die Infektionsrate in der Gruppe der Schmerz INF TGN bei 0,61% und bei den Schmerz INF spinale und Schmerz OP bei 0% (p=0,0000001; Chi-Quadrat nach Pearson). Die Infektionsrate ohne Schmerzeingriffe lag mit 3,75% signifikant höher (p=0,00005; Chi-Quadrat nach Pearson).

- **Alters- und Geschlechterverteilung**

Der Altersdurchschnitt der Eingriffe Schmerz INF TGN mit sekundärer Infektion lag nicht signifikant höher als bei Eingriffen ohne Infektion (p=0,715; Exakte Signifikanz Mann-Whitney-U-Test) (Tab. 46 und 47). Ebenfalls fand sich kein signifikanter Zusammenhang zwischen einer sekundärer Infektionen und dem Patientenalter (p=0,120; Mann-Whitney-U-Test).

*Tab. 46. Altersdurchschnitt sekundäre Infektionen Operationsgruppe II*

| Op-Gruppe | n | Min | Max | Mittelwert | Median | SD |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Schmerz INF spinale | 0 | | | | | |
| Schmerz INF TGN | 4 | 52,5 | 75,78 | 67,24 | 70,35 | 11,06 |
| Schmerz OP | 0 | | | | | |

*Tab. 47. Altersdurchschnitt ohne Infektionen Operationsgruppe II*

| Op-Gruppe | n | Min | Max | Mittelwert | Median | SD |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Schmerz INF spinale | 591 | 15,38 | 87,04 | 55,75 | 55,5 | 12,91 |
| Schmerz INF TGN | 73 | 29,79 | 90,31 | 68,55 | 69,98 | 11,36 |
| Schmerz OP | 12 | 32,19 | 63,03 | 51,19 | 51,69 | 9,67 |

Bei insgesamt 2 weiblichen und bei 2 männlichen Patienten (je 50%) kam es zu einer sekundären Infektion. Es zeigte sich kein signifikanter Unterschied (p=0,904; Chi-Quadrat nach Pearson).

- **Operationsdauer**

Die mittlere Operationsdauer der 4 Schmerz INF TGN-Eingriffe mit sekundärer Infektion betrug 11 ± 3,46 Minuten (Tab. 48). In den Fällen ohne Infektion war die Operationsdauer mit durchschnittlich 18,01 ± 9,97 Minuten etwas, aber nicht signifikant, kürzer (p=0,075; Mann-Whitney-U-Test) (Tab. 49).

*Tab. 48. Durchschnittliche Operationsdauer sekundäre Infektionen Operationsgruppe II*

| Op-Gruppe | n | Min | Max | Mittelwert | Median | SD |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Schmerz INF spinale | 0 | | | | | |
| Schmerz INF TGN | 4 | 8 | 16 | 11 | 10 | 3,46 |
| Schmerz OP | 0 | | | | | |

*Tab. 49. Durchschnittliche Operationsdauer ohne Infektionen Operationsgruppe II*

| Op-Gruppe | n | Min | Max | Mittelwert | Median | SD |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Schmerz INF spinale | 588 | 1 | 85 | 10,76 | 8 | 9,15 |
| Schmerz INF TGN | 73 | 5 | 47 | 18,01 | 15 | 9,97 |
| Schmerz OP | 12 | 6 | 172 | 64,33 | 42 | 53,9 |

- **Liegedauer**

Im Falle einer sekundären Infektion zeigte sich die durchschnittliche Liegedauer der Schmerz INF TGN-Eingriffe nicht signifikant verlängert verglichen mit den Eingriffen ohne Infektion mit einer durchschnittlichen Liegedauer 5,58 ± 3,2 Tage (p=0,179, Mann-Whitney-U-Test) (Tab. 50 und 51).

*Tab. 50. Durchschnittliche Liegedauer sekundäre Infektionen Operationsgruppe II*

| Op-Gruppe | n | Min | Max | Mittelwert | Median | SD |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Schmerz INF spinale | 0 | | | | | |
| Schmerz INF TGN | 4 | 6 | 9 | 7 | 6,5 | 1,41 |
| Schmerz OP | 0 | | | | | |

*Tab. 51. Durchschnittliche Liegedauer ohne Infektionen Operationsgruppe II*

| Op-Gruppe | n | Min | Max | Mittelwert | Median | SD |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Schmerz INF spinale | 591 | 0 | 42 | 5,44 | 3 | 5,84 |
| Schmerz INF TGN | 73 | 0 | 14 | 5,58 | 5 | 3,2 |
| Schmerz OP | 12 | 0 | 18 | 9,67 | 9,5 | 5,5 |

- **Perioperative Antibiotikaprophylaxe**

In den 4 Fällen mit sekundärer Infektion nach Schmerz-Eingriffen wurde in keinem Fall eine ABP verabreicht. Die Infektionsrate ohne ABP lag bei 0,58%. Dagegen war die Infektionsrate der Eingriffe mit ABP 0% (n=0) (Tab. 52).

*Tab. 52. Antibiotikaprophylaxe bei Operationsgruppe II*

| | sekundäre Infektion | keine sekundäre Infektion | **Gesamt** |
|---|---|---|---|
| ABP | 0 | 39 | **39** |
| keine ABP | 4 | 642 | **646** |
| **Gesamt** | **4** | **681** | **685** |

Bei separater Betrachtung der Schmerz INF TGN-Eingriffe (n=4) zeigte sich eine nicht signifikant höhere Infektionsrate ohne ABP von 5,26% (p=1,0; Exakter Test nach Fisher) (Tab. 25).

Bei ABP ≤ 24 Stunden zeigte sich die Infektionsrate mit 0,84% (n=4 von 477 Eingriffen) höher als bei prolongierter ABP mit 0% (n=0 von 7 Eingriffen)(p=1,0; Exakter Test nach Fisher) (Tab. 26).

In 39 (5,69%) von 685 Eingriffen ohne primäre Infektion in der Operationsgruppe II erfolgte eine ABP. In der Folge fand sich keine postoperative Infektion. Dabei handelte es sich um 33 spinale Infiltrationen, eine Infiltration bei TGN und 5 Schmerzoperationen.

- **Keimspektrum**

Bei den Schmerz INF TGN-Eingriffen konnten zu 75% grampositive Erreger, 2 Erreger der Streptokokkengruppe und ein Erreger der Staphylokokkengruppe, nachgewiesen werden (Tab. 53).

*Tab. 53. Keimspektrum sekundärer Infektionen Operationsgruppe II*

| Erreger sekundärer Infektionen: Gruppe II | Meningitis | **Gesamt** | **Prozent** |
|---|---|---|---|
| Staph. epidermidis | 1 | **1** | **25,0%** |
| Streptococcus mitis | 1 | **1** | **25,0%** |
| Streptococcus oralis | 1 | **1** | **25,0%** |
| **Anzahl der Erreger** | **3** | **3** | **75,0%** |
| kein Keimnachweis | 1 | **1** | **25,0%** |
| **Infektionsfälle** | **4** | **4** | |

### 3.4.3 Periphere Nerveneingriffe (Gruppe III)

Für die 3 sekundär aufgetretenen Infektionen bei 108 Eingriffen in der Operationsgruppe III ohne primäre Infektion ergab sich eine durchschnittliche Infektionsrate von 2,78%. Die Infektionen traten jeweils nach der Neurolyse bei Ulnarisrinnensyndrom auf. Ohne periphere Nerveneingriffe lag die Infektionsrate bei 2,25%. Es zeigten sich keine signifikanten Unterschiede (p=0,733; Exakter Test nach Fisher).

In den 3 Infektionsfällen handelte es sich um Wundinfektionen, von denen 2 operativ revidiert wurden und eine konservativ behandelt wurde.

- **Alters- und Geschlechterverteilung**

Es fand sich kein signifikanter Unterschied des Altersdurchschnitts in der Operationsgruppe III für Eingriffe mit sekundären Infektionen und Eingriffe ohne Infektion (p=0,409; Exakte Signifikanz, Mann-Whitney-U-Test) (Tab. 12 und 13). Der Altersdurchschnitt lag bei 46,74 ± 7,4 Jahren (*range* 40,6 -54,96 Jahre, Median 44,65 Jahre).

Bei den Eingriffen in Operationsgruppe III hatten 2 Männer und eine Frau eine sekundäre Infektion. Es zeigte sich kein signifikanter Unterschied (p=0,601; Exakter Test nach Fisher).

- **Operationsdauer**

Die mittlere Operationsdauer mit sekundärer Infektion betrug 109 ± 30,79 Minuten (*range* 75 - 135 Minuten, Median 117 Minuten) (Tab. 17). Ohne Infektionsfälle zeigte sich die durchschnittliche Operationsdauer mit 62,57 ± 72,72 Minuten (*range* 13 – 520 Minuten, Median 43 Minuten) signifikant nahezu halbiert (p=0,012; Exakte Signifikanz, Mann-Whitney-U-Test) (Tab. 18).

- **Liegedauer**

Bei sekundären Infektionen in der Operationsgruppe III lag die durchschnittliche Liegedauer bei 5,67 ± 4,5 Tagen (*range* 1 – 10 Tage, Median 6 Tage) (Tab. 22). Ohne Infektionsfälle zeigte sich sich die durchschnittliche Liegedauer etwas verkürzt mit einem Mittelwert von 3,76 ± 5,53 Tagen (*range* 0 – 34 Tage, Median 2 Tage) (p=0,244, Mann-Whitney-U-Test) (Tab. 23). Jedoch trat die sekundäre Infektion bei den meisten Patienten erst nach stationärer Entlassung auf, sodass die Liegedauer hier nicht in Korrelation zur Infektion gesetzt werden kann.

- **Perioperative Antibiotikaprophylaxe**

In 15 von den 108 Fällen in Operationsgruppe III wurde eine ABP durchgeführt. Von den 3 sekundären Infektionen wurde in 2 Fällen eine ABP und in einem Falle keine ABP durchgeführt (Tab. 54). Die Infektionsrate mit einer ABP lag mit 13,33% signifikant höher als ohne (1,07%) (p=0,05; Exakter Test nach Fisher; OR 14,154 bis 167,284).

*Tab. 54. Antibiotikaprophylaxe bei Operationsgruppe III*

| | sekundäre Infektion | keine sekundäre Infektion | **Gesamt** |
|---|---|---|---|
| ABP | 2 | 13 | **15** |
| keine ABP | 1 | 92 | **93** |
| **Gesamt** | **3** | **105** | **108** |

Bei einer ABP ≤ 24 Stunden zeigte sich die Infektionsrate mit 3,33% (n=3 von 90 Eingriffen) höher als bei prolongierter Antibiotikaprophylaxe mit 0% (n=0 von 2 Eingriffen)(p=1,0; Exakter Test nach Fisher) (Tab. 26).

- **Keimspektrum**

In der Operationsgruppe III konnte in keinem Fall einer postoperativen Wundinfektion ein Erreger nachgewiesen werden.

### 3.4.4 Sonstige Eingriffe (Gruppe IV)

Die Infektionsrate lag in dieser Operationsgruppe bei 0%. In dieser Gruppe wurden insgesamt 41 Eingriffe (30 Männer und 11 Frauen) gezählt. Bei fehlender Infektionslage wird nicht weiter auf diese Gruppe eingegangen.

## 3.5 Allgemein- und Simultaninfektionen

Von den 1484 Eingriffen ohne primäre Infektion zeigten sich postoperativ 2,69% Allgemeininfektionen (n=40) (Tab. 55).

*Tab. 55. Allgemeininfektionen bei Eingriffen ohne primäre Infektion*

| Op-Gruppe | Untergruppe | Allgemeininfektion | keine Allgemeininfektion | **Gesamt primär aseptisch** |
|---|---|---|---|---|
| Gruppe I | | 33 | 617 | **650** |
| | BSV | 22 | 409 | **431** |
| | SKS | 4 | 147 | **151** |
| | SRF | 2 | 38 | **40** |
| | Trauma | 4 | 18 | **22** |
| | sonstige spinale | 1 | 5 | **6** |
| Gruppe II | | 6 | 679 | **685** |
| | Schmerz INF spinale | 5 | 591 | **596** |
| | Schmerz INF TGN | 1 | 76 | **77** |
| | Schmerz OP | 0 | 12 | **12** |
| Gruppe III | | 1 | 107 | **108** |
| Gruppe IV | | 0 | 41 | **41** |
| **Gesamt** | | **40** | **1444** | **1484** |

Nach Unterteilung der Allgemeininfektionen auf reine Allgemeininfektionen und Simultaninfektionen zeigte sich eine Infektionsrate von 2,29% für reine Allgemeininfektionen und 0,4% für Simultaninfektionen (Tab. 56).

*Tab. 56. Allgemeininfektionen unterteilt in reine Allgemeininfektionen und Simultaninfektionen*

| Op-Gruppe | Untergruppe | reine Allgemeininfektionen | Simultaninfektionen | **Gesamt** |
|---|---|---|---|---|
| Gruppe I | | 28 | 5 | **33** |
| | BSV | 19 | 3 | **22** |
| | SKS | 3 | 1 | **4** |
| | SRF | 1 | 1 | **2** |
| | Trauma | 4 | 0 | **4** |
| | sonstige spinale | 1 | 0 | **1** |
| Gruppe II | | 5 | 1 | **6** |
| | Schmerz INF spinale | 5 | 0 | **5** |
| | Schmerz INF TGN | 0 | 1 | **1** |
| | Schmerz OP | 0 | 0 | **0** |
| Gruppe III | | 1 | 0 | **1** |
| Gruppe IV | | 0 | 0 | **0** |
| **Gesamt** | | **34** | **6** | **40** |

Bei den 40 Fällen der Allgemeininfektion konnten insgesamt 42 verschiedene Infektionen festgestellt werden. Darunter fanden sich 2 Doppelinfektionen mit verschiedenen Allgemeininfektionen pro Patient.

Die Infektionsrate für postoperative Harnwegsinfektionen (HWI) lag bei 1,82%, für respiratorische Infektionen (RTI) bei 0,67% und für Septikämien (Sepsis) bei 0,34% ausgehend von 1484 primär aseptischen Eingriffen (Tab. 57).

*Tab. 57. Verteilungen der Allgemeininfektionen unterteilt in reine Allgemeininfektionen und Simultaninfektionen*

| Allgemeininfektionen | HWI | RTI | Sepsis | **Gesamt** |
|---|---|---|---|---|
| reine Allgemeininfektionen | 25 | 10 | 3 | **38** |
| Simultaninfektionen | 2 | 0 | 2 | **4** |
| **Infektionsfälle** | **27** | **10** | **5** | **42** |

- **Operationsgruppen**

Am häufigsten waren Allgemeininfektionen in der Operationsgruppe I mit 82,5% (n=33), gefolgt von 15% (n=6) in der Gruppe II und 2,5% (n=1) in der Gruppe III zu beobachten (Tab. 56).

Abhängig von der Operationsgruppe I bis III existiert ein signifikanter Zusammenhang eine Allgemeininfektion zu entwickeln (p=0,0001; Chi-Quadrat nach Pearson).

Die BSV-Eingriffe wiesen dabei den größten Anteil der Eingriffe bei Allgemeininfektion mit 55% (n=22) auf. SKS und Trauma entwickelten in je 4 Fällen (jeweils 10%), SRF in 5% (n=2) und sonstige spinale Diagnosen zeigten in 2,5% der Eingriffe postoperative Allgemeininfektionen.

Die Allgemeininfektionsraten für Trauma lagen bei 18,18%, für BSV bei 5,1%, für SRF bei 5% und für SKS bei 2,6%.

Es zeigten sich 60,61% der Eingriffe an der lumbalen und 39,39% an der zervikalen Wirbelsäule (Tab. 58).

*Tab. 58. Verteilungen auf Wirbelsäulenhöhe unterteilt in reine Allgemeininfektionen und Simultaninfektionen*

| Allgemeininfektionen | zervikal | lumbal | **Gesamt** |
|---|---|---|---|
| reine Allgemeininfektionen | 12 | 16 | **28** |
| Simultaninfektionen | 1 | 4 | **5** |
| **Gesamt** | **13** | **20** | **33** |

- **Alters- und Geschlechterverteilung**

Das durchschnittliche Alter aller Patienten mit Allgemeininfektionen betrug 55,74 ± 16,11 Jahre (Tab. 59).

*Tab. 59. Altersdurchschnitt Allgemeininfektion*

| Infektion | n | Min | Max | Mittelwert | Median | SD |
|---|---|---|---|---|---|---|
| reine Allgemeininfektionen | 34 | 25,72 | 89,51 | 55,65 | 53,45 | 16,26 |
| Simultaninfektionen | 6 | 31,77 | 82,73 | 56,26 | 54,6 | 16,72 |
| alle Allgemeininfektionen | 40 | 25,72 | 89,51 | 55,74 | 53,45 | 16,11 |

Das durchschnittliche Alter der reinen Allgemeininfektionsfälle und der Simultaninfektionsfälle zeigte sich ähnlich mit 55,65 ± 16,26 Jahren und 56,26 ± 16,72 Jahren (p=0,985; Mann-Whitney-U-Test) (Tab. 59).

Es fand sich kein signifikanter Unterschied des Alters im Vergleich der 40 Fälle mit einer Allgemeininfektion (55,74 Jahre) und der Fälle ohne eine postoperative Infektion (54,53 Jahre) (p=0,726; Mann-Whitney-U-Test) (Abb. 25; Tab. 11 und 59).

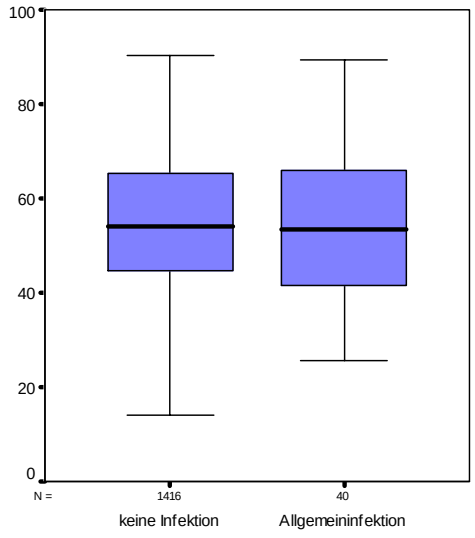


*Abb. 25. Altersdurchschnitt mit Allgemeininfektion und ohne Infektion*

Die Allgemeininfektionen traten bei 22 weiblichen (55%) und 18 männlichen (45%) Patienten auf. Dabei fanden sich 20 weibliche Patienten (58,82%) und 14 männliche (41,18%) bei den reinen Allgemeininfektionen sowie 2 weibliche (33,33%) und 4 männliche (66,67%) bei den Simultaninfektionen.

- **Operationsdauer**

Die durchschnittliche Operationsdauer aller Patienten mit einer Allgemeininfektion lag bei 103,85 ± 72,199 Minuten (Tab. 60).

*Tab. 60. Operationsdauer mit darauffolgender Allgemeininfektion*

| Infektion | n | Min | Max | Mittelwert | Median | SD |
|---|---|---|---|---|---|---|
| reine Allgemeininfektionen | 34 | 7 | 371 | 101,82 | 86 | 74,83 |
| Simultaninfektionen | 6 | 8 | 182 | 115,33 | 128,5 | 59,28 |
| alle Allgemeininfektionen | 40 | 7 | 371 | 103,85 | 99 | 72,2 |

Die durchschnittliche Operationsdauer zeigte keinen signifikanten Unterschied zwischen den reinen Allgemeininfektionsfällen mit 101,82 ± 74,83 Minuten und den Simultaninfektionsfällen (p=0,404; Mann-Whitney-U-Test 79,5) (Tab. 60).

Die durchschnittliche Operationsdauer der Fälle mit Auftreten einer Allgemeininfektion (103,85 Minuten) zeigte sich signifikant verlängert im Vergleich zu den Fällen ohne Auftreten einer Infektion (63,59 Minuten) (p=0,0001, Mann-Whitney-U-Test) (Abb. 26; Tab. 16 und 60).

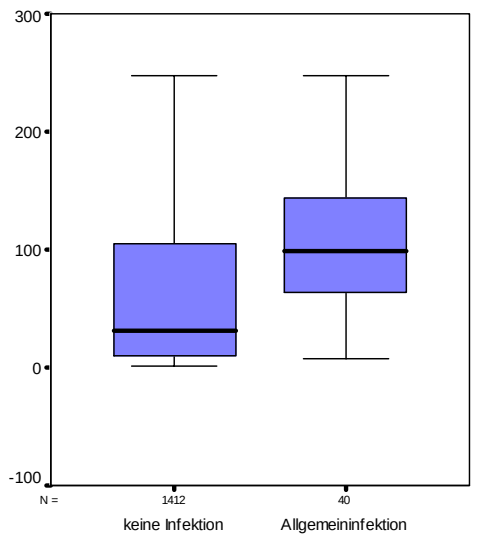


*Abb. 26. Operationsdauer mit Allgemeininfektion und ohne Infektion*

- **Liegedauer**

Die Liegedauer bei Allgemeininfektionen lag durchschnittlich bei 21,65 ± 21,0 Tagen unter Berücksichtigung des Zeitintervalls zwischen Aufnahme- und Entlassungsdatum (Tab. 61).

*Tab. 61. Liegedauer Allgemeininfektion*

| Infektion | n | Min | Max | Mittelwert | Median | SD |
|---|---|---|---|---|---|---|
| reine Allgemeininfektionen | 34 | 2 | 121 | 18,88 | 15 | 19,7 |
| Simultaninfektionen | 6 | 9 | 73 | 37,33 | 37,5 | 23,04 |
| alle Allgemeininfektionen | 40 | 2 | 121 | 21,65 | 16 | 21 |

Die reinen Allgemeininfektionsfälle hatten eine signifikant kürzere durchschnittliche Liegedauer mit 18,88±19,702 Tagen als die Fälle der Simultaninfektionen mit einer mittleren Liegedauer von 37,33±23,036 Tage (p=0,030; Mann-Whitney-U-Test 45,5) (Tab. 61).

Die Liegedauer war deutlich verlängert in den Fällen einer Allgemeininfektion (21,65 Tage) gegenüber den Fällen ohne eine Infektion (9,79 Tage) (p=0,00000002, Mann-Whitney-U-Test) (Abb. 27; Tab. 21 und 61).

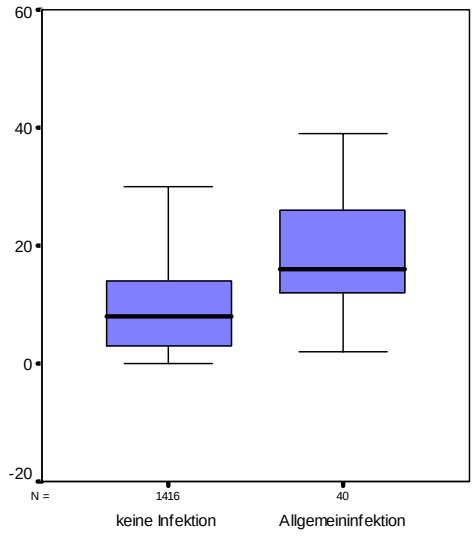


*Abb. 27. Durchschnittliche Liegedauer mit Allgemeininfektion und ohne Infektion*

- **Ambulante versus stationäre Eingriffe**

Es gab keine ambulanten Eingriffe im Falle von Allgemein- und Simultaninfektionen.

- **Intensivaufenthalt**

Von den 40 Patienten mit Allgemeininfektionen mussten 4 (10%) > 48 Stunden postoperativ auf der Intensivstation behandelt werden. Davon hatten 20% (n=2) Simultaninfektionen und 80% reine Allgemeininfektionen. Es konnte ein signifikanter Zusammenhang zwischen der Entwicklung einer Allgemeininfektion und dem Aufenthalt auf der Intensivstation gefunden werden (p=0,000000000001; Exakter Test nach Fisher). Die Infektionsrate der Intensivstationspatienten lag mit 62,5% deutlich höher als bei Patienten ohne Intensivaufenthalt (2,08%).

Patienten mit einem SRF-Eingriff (n=2) und Allgemeininfektion mussten zu 100% und Patienten mit Trauma-Eingriff (n=3) und Allgemeininfektionen mussten zu 75% auf der Intensivstation überwacht werden.

- **Perioperative Antibiotikaprophylaxe**

Die Infektionsrate der Eingriffe mit ABP lag bei 6,06% (n=18) im Vergleich zu 1,85% ohne ABP (n=22). Es zeigte sich ein signifikanter Unterschied der Infektionsraten abhängig von einer ABP (p=0,0001; Chi-Quadrat nach Pearson) (Tab. 62).

*Tab. 62. Antibiotikaprophylaxe bei Allgemein- und Simultaninfektionen*

| Op-Gruppe | Untergruppe | Infektionsrate mit ABP | Infektionsrate ohne ABP | **Gesamt** |
|---|---|---|---|---|
| Gruppe I | | 7,05% | 3,91% | |
| | BSV | 6,70% | 4,38% | |
| | SKS | 4,48% | 1,19% | |
| | SRF | 7,41% | 0,00% | |
| | Trauma | 20,00% | 16.67% | |
| | sonstige spinale | 33,33% | 0,00% | |
| Gruppe II | | 2,56% | 0,77% | |
| | Schmerz INF spinale | 3,03% | 0,71% | |
| | Schmerz INF TGN | 0,00% | 1,32% | |
| | Schmerz OP | 0,00% | 0,00% | |
| Gruppe III | | 0,00% | 1,08% | |
| Gruppe IV | | 0,00% | 0,00% | |
| **Gesamt** | | **6,06%** | **1,85%** | |
| **Anzahl der Allgemeininfektionen** | | **18** | **22** | **40** |
| **Anzahl der Eingriffe** | | **297** | **1187** | **1484** |
| **Anzahl ohne Allgemeininfektionen** | | **279** | **1165** | **1444** |

Bei einer ABP ≤ 24 Stunden zeigte sich die Infektionsrate mit 3,24% (n=35 von 1079 Eingriffen) niedriger als bei prolongierter Antibiotikaprophylaxe mit 5% (n=3 von 60 Eingriffen)(p=0,447; Exakter Test nach Fisher) (Tab.63).

*Tab. 63. Infektionsraten nach Antibiotikaprophylaxe und Operationsgruppen*

| Op-Gruppe | Untergruppe | Infektionsrate ABP ≤ 24 h | Infektionsrate ABP > 24 h | **Gesamt** |
|---|---|---|---|---|
| Gruppe I | | 5,89% | 6,00% | |
| | BSV | 5,41% | 8,00% | |
| | SKS | 4,71% | 0,00% | |
| | SRF | 4,00% | 16,67% | |
| | Trauma | 27,27% | 0,00% | |
| | sonstige spinale | 33,33% | 0,00% | |
| Gruppe II | | 1,26% | 0,00% | |
| | Schmerz INF spinale | 1,21% | 0,00% | |
| | Schmerz INF TGN | 0,00% | 0,00% | |
| | Schmerz OP | 1,72% | 0,00% | |
| Gruppe III | | 1,11% | 0,00% | |
| Gruppe IV | | 0,00% | 0,00% | |
| **Gesamt** | | **3,24%** | **5,00%** | |
| **Anzahl der Infektionen** | | **35** | **3** | **38** |
| **Anzahl der Eingriffe** | | **1079** | **60** | **1139** |
| **Anzahl ohne Allgemeininfektion** | | **1044** | **57** | **1101** |

Eingriffe in Operationsgruppe I mit SRF und sonstigen spinalen Eingriffe hatten zu jeweils 100% eine ABP erhalten. Gefolgt wurden diese von den Eingriffen bei SKS mit 75%, von den Eingriffen bei Trauma mit 50% und von den Patienten mit BSV mit 40,91%. In der Operationsgruppe II wurde in nur einem Fall (16,67%) aus der Untergruppe Schmerz INF spinale eine Prophylaxe verabreicht.

Vorzugsweise wurde das Cephalosporin der 1. Generation Cefazolin als *Single-shot* oder ≤ 24 Stunden gegeben (jeweils 38,89%; n=7) (Tab. 64).

*Tab. 64. Dauer und Art der Antibiotikaprophylaxe bei Allgemein- und Simultaninfektionen*

| ABP Dauer | Augmentan | Cefazolin | **Gesamt** | **Prozent** |
|---|---|---|---|---|
| Single-shot | | 7 | **7** | **38,89%** |
| 24 h | | 7 | **7** | **38,89%** |
| 48 h | | 1 | **1** | **5,56%** |
| 72 h | 1 | | **1** | **5,56%** |
| 96 h | | | | **0,00%** |
| 120 h | | | | **0,00%** |
| 144 h | | | | **0,00%** |
| 168 h | | 1 | **1** | **5,56%** |
| **fehlende Daten** | | | **1** | **5,56%** |
| **Gesamt** | | | **18** | **100%** |

Von den 40 Ereignissen einer Allgemeininfektion nach primär aseptischen Eingriffen hatten 18 (45%) eine ABP und 22 (55%) keine ABP erhalten (Tab. 65).

*Tab. 65. Antibiotikaprophylaxe mit Operationsgruppen Allgemeininfektionen*

| Op-Gruppe | Untergruppe | ABP | Prozent % | Keine ABP | Prozent % | **Gesamt** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Gruppe I | | 17 | 51,52 | 16 | 48,48 | **33** |
| | BSV | 9 | 40,91 | 13 | 59,09 | **22** |
| | SKS | 3 | 75 | 1 | 25 | **4** |
| | SRF | 2 | 100 | 0 | 0 | **2** |
| | Trauma | 2 | 50 | 2 | 50 | **4** |
| | sonstige spinale | 1 | 100 | 0 | 100 | **1** |
| Gruppe II | | 1 | 16,67 | 5 | 83,33 | **6** |
| | Schmerz INF spinale | 1 | 20 | 4 | 80 | **5** |
| | Schmerz INF TGN | 0 | 0 | 1 | 100 | **1** |
| | Schmerz OP | 0 | 0 | 0 | 0 | **0** |
| Gruppe III | | 0 | 0 | 1 | 100 | **1** |
| Gruppe IV | | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| **Gesamt** | | **18** | **45** | **22** | **55** | **40** |

- **Keimspektrum**

Bei den 34 reinen Allgemeininfektionsfällen traten insgesamt 38 Infektionen auf. Es konnten dabei 46 Erreger (82,1%), davon 18 verschiedene, nachgewiesen werden. Diese waren verteilt auf 12 polymikrobielle und 15 isolierte Kulturen. In 17,9% konnte kein Keimnachweis erfolgen (Tab. 66).

*Tab. 66. Keimspektrum reine Allgemeininfektionen*

| reine Allgemeininfektionen (34 Patienten) | HWI | RTI | Sepsis | **Gesamt** | **Prozent** |
|---|---|---|---|---|---|
| Enterococcus faecalis | 8 | 1 | | **9** | **16,07%** |
| E.coli | 6 | 1 | | **7** | **12,50%** |
| Staph. epidermidis | 2 | 1 | 2 | **5** | **8,93%** |
| Corynebacterium species | 3 | | | **3** | **5,36%** |
| Hefen | | 3 | | **3** | **5,36%** |
| Staph. aureus | 1 | 2 | | **3** | **5,36%** |
| Candida albicans | 1 | 1 | | **2** | **3,57%** |
| Proteus species | 1 | 1 | | **2** | **3,57%** |
| Pseudomonas aeruginosa | 2 | | | **2** | **3,57%** |
| Streptococcus viridans | 2 | | | **2** | **3,57%** |
| Acinetobacter baumanii | | 1 | | **1** | **1,79%** |
| Enterococcus species | | 1 | | **1** | **1,79%** |
| Haemophilus influenza | | 1 | | **1** | **1,79%** |
| Klebsiella pneumoniae | | 1 | | **1** | **1,79%** |
| Klebsiella species | 1 | | | **1** | **1,79%** |
| Morganella morganii | 1 | | | **1** | **1,79%** |
| Streptococcus agalacticae | 1 | | | **1** | **1,79%** |
| Streptococcus pneumoniae | | 1 | | **1** | **1,79%** |
| **Anzahl der Erreger** | **29** | **15** | **2** | **46** | **82,1%** |
| kein Keimnachweis | 6 | 3 | 1 | **10** | **17,9%** |
| **Infektionsfälle** | **25** | **10** | **3** | **38** | |

Zu 54,35% wurden grampositive (n=25) und zu 34,78% gramnegative (n=16) Keime isoliert. In 10,87% wurden Hefen nachgewiesen. Enterococcus faecalis waren die häufigsten isolierten Erreger für reine Allgemeininfektionen und fanden sich zu 77,78% in polymikrobiellen Kulturen (Tab. 66).

Im Rahmen der 25 HWI konnten insgesamt 19 Kulturen, davon 8 polymikrobiell und 11 monomikrobiell, gezüchtet werden. In 6 Infektionsfällen erfolgte kein Keimnachweis. Grampositive Erreger waren in 58,62% (n=17) und gramnegative Erreger in 37,93% (n=11) der Fälle die Ursache. Hefen wurden in einem Fall nachgewiesen

(3,45%). Zu 27,59% (n=8) konnte ein grampositiver Enterococcus faecalis-Erreger bei HWI nachgewiesen werden. Dieser war zu 75% in polymikrobiellen Kulturen zu finden. 63,63% der gramnegativen Erreger konnten ebenfalls in Kulturen mit multiplen Kulturen nachgewiesen werden.

Es konnten 10 RTI mit 7 Kulturen, davon 4 polymikrobiell und 3 monomikrobiell, registriert werden. In 3 Infektionsfällen erfolgte kein Keimnachweis. RTI wurden zu 40% (n=6) durch grampositive und zu 33,33% (n=5) durch gramnegative Erreger verursacht. Hefepilze konnten zu 26,67% (n=4) festgestellt werden. In den polymikrobiellen Kulturen konnten 100% der gramnegativen Erreger und ein Enterococcus faecalis-Erreger festgestellt werden.

Im Falle der 3 Septikämien konnten 2 Kulturen mit isolierten Erregern nachgewiesen werden. Es handelte sich jeweils um grampositive Staphylococcus aureus-Erreger. In einem Fall gelang kein Keimnachweis.

In der Operationsgruppe I wurden bei den 32 Allgemeininfektionen 42 Erreger, dabei 18 verschiedene, nachgewiesen. In 8 Fällen konnte kein Keimnachweis erfolgen. Dabei zeigten sich 54,76% grampositive Erreger, 33,33% gramnegative Erreger und zu 11,9% Hefen. In den 12 polymikrobiellen Kulturen fanden sich 85,71% (n=12) der gramnegativen Erreger und 77,78% der Enterococcus faecalis-Erreger. Isolierte Keimnachweise erfolgten in 10 Fällen (Tab. 67).

*Tab. 67. Verteilung des Keimspektrums Operationsgruppe I und II*

| Op-Gruppe | Untergruppe | Erregeranzahl | gram-positiv | gram-negativ | Hefen | polymikrobielle Kulturen (pm) | gram-negativ in pm | Enterococcus faecalis in pm | isolierte Kulturen |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Gruppe I | | | | | | | | | |
| | BSV | 25 | 16 | 6 | 3 | 7 | 6 | 5 | 9 |
| | SKS | 5 | 3 | 1 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 |
| | SRF | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Trauma | 11 | 4 | 6 | 1 | 3 | 5 | 0 | 0 |
| Gruppe II | | | | | | | | | |
| | Schmerz INF spinale | 4 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Schmerz INF TGA | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Schmerz OP | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| **Gesamt** | | **46** | **25** | **16** | **5** | **12** | **12** | **7** | **10** |

In der Gruppe der BSV ließen sich 64% grampositive, 24% gramnegative Erreger und 12% Hefen nachweisen. Sieben Kulturen waren polymikrobiell. Darunter fanden sich 100% der gramnegativen und 71,43% der Enterococcus faecalis-Erreger. In den

9 Monokulturen zeigten sich 77,78% grampositive Erreger (n=9), davon in 22,22% Staphylokokken (Tab. 67). In der Gruppe der SKS fanden sich 60% grampositive Erreger und jeweils 20% gramnegative Erreger und Hefen. In den 2 polymikrobiellen Kulturen konnten 100% (n=1) der gramnegativen Erreger und 100% (n=1) der Enterococcus faecalis-Erreger nachgewiesen werden. In der monomikrobiellen Kultur fand sich ein grampositiver Staphylococcus epidermidis (Tab. 67). Bei dem SRF-Eingriff trat ein gramnegativer Klebsiella pneumoniae-Erreger auf (Tab. 67). In der Gruppe Trauma konnte nur ein grampositiver Staphylococcus epidermidis isoliert werden (Tab. 67).

Bei den Eingriffen bei Schmerz INF spinale konnten zu 50% grampositive Erreger und zu 50% gramnegative Erreger, jeweils monomikrobiell, isoliert werden. In einem Infektionsfall gelang kein Keimnachweis (Tab. 67).

Von den 13 Erregern der 10 reinen Allgemeininfektionen auf der Intensivstation konnten zu 38,46% jeweils grampositive und negative Erreger sowie zu 23,08% Hefen nachgewiesen werden. In 4 Kulturen fand sich ein multipler Erregernachweis mit 60% der gramnegativen Erreger und einem Enterococcus faecalis-Erreger. In 4 Kulturen zeigten sich isolierte Keime.

Es zeigten sich bei 15 der reinen Allgemeininfektionen mit ABP 19 Erreger. Dabei ergaben die Kulturen 52,63% grampositive Erreger, 31,58% gramnegative Erreger und 15,79% Hefen. Staphylokokken fanden sich insgesamt zu 15,79%. In den polymikrobiellen Kulturen konnten 83,33% der gramnegativen Erreger und 80% der Enterococcus faecalis-Erreger nachgewiesen werden. Es gab 5 Kulturen mit isoliertem Keimnachweis, 60% davon grampositive Erreger.

Bei den 6 Eingriffen mit Simultaninfektionen traten in jeweils 2 Fällen einer sekundären Infektion zusätzlich HWI, Sepsis und Haut- und Schleimhautinfektionen auf. Zusätzlich wurde eine venenkatheterassoziierte Infektion beobachtet (Tab. 68).

Dabei wurden 40% grampositive Keime und in je 30% gramnegative Erreger und Hefen nachgewiesen. In den 3 polymikrobiellen Kulturen fanden sich 100% der Hefen und der Enterococcus-Erreger sowie 66,67% der gramnegativen Erreger. Das Keimspektrum der monomikrobiellen Kultur war zu 66,67% grampositiv. Es wurden jeweils

zwei grampositive und zwei gramnegative Erreger sowie ein Hefepilzerreger (Candida albicans) nachgewiesen (Tab. 68).

*Tab. 68. Keimspektrum Simultaninfektionen*

| Simultaninfektion (6 Patienten) | HWI | Sepsis | Haut- und Schleimhaut infektion | Venenkatheter-assoziierte Infektion | RTI | **Gesamt** | **Prozent** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Staph. aureus | | 1 | | | | **1** | **9,09%** |
| Enterococcus faecalis | 2 | | | | | **2** | **18,18%** |
| Candida albicans | 1 | | 1 | | | **2** | **18,18%** |
| Streptococcus mitis | | 1 | | | | **1** | **9,09%** |
| Candida species | | | 1 | | | **1** | **9,09%** |
| Citrobacter koseri | | | | | | **0** | **0,00%** |
| E.coli | 1 | | | | | **1** | **9,09%** |
| Hefen | | | | | | **0** | **0,00%** |
| Klebsiella pneumoniae | 1 | | | | | **1** | **9,09%** |
| Morganella morganii | | | | | | **0** | **0,00%** |
| Pseudomonas aeruginosa | | | | 1 | | **1** | **9,09%** |
| Saccharomyces cerevisiae | | | 1 | | | **1** | **9,09%** |
| Staph. epidermidis | | | | | | **0** | **0,00%** |
| **Anzahl der Erreger** | **5** | **2** | **3** | **1** | **0** | **11** | **100,0%** |
| kein Keimnachweis | | | | | | **0** | **0,0%** |
| **Infektionsfälle** | **2** | **2** | **2** | **1** | **0** | **7** | |

In 50% der Simultaninfektionen (n=3) zeigte sich bei der sekundären postoperativen Infektion als auch bei dem Allgemeininfekt der gleiche ursächliche Infektionskeim. Bei einem Wundinfekt und einem HWI zeigte sich jeweils ein Enterococcus faecalis-Erreger. In einem anderen Fall mit einem spinalen Abszess und einer Sepsis fand sich ein Staphylococcus aureus-Erreger und in dem dritten Fall bei einer Meningitis und einer Sepsis ließ sich ein Streptococcus mitis-Erreger nachweisen.

Von den 4 Erregern der 3 Simultaninfektionen auf der Intensivstation zeigten sich 25% grampositive Erreger, 50% gramnegative Erreger und 25% Hefen. Eine der 3 Kulturen war polymikrobiell mit jeweils einem gramnegativem Erreger und einem Enterococcus faecalis.

Es wurde bei 3 Simultaninfektionen eine ABP durchgeführt. Es konnten in den Kulturen 12 Erreger, davon jeweils 41,67% grampositive und gramnegative Erreger sowie 16,67% Hefen nachgewiesen werden. Staphylokokken fanden sich in 16,67%. In 3

Kulturen zeigte sich ein polymikrobielles Keimspektrum mit 80% der gramnegativen Keime (n=4) und 100% der Enterococcus faecalis-Erreger (n=3).

## 3.6 Perioperative Antibiotikaprophylaxe

- **Operationsgruppen**

In 297 Fällen lag der Großteil der Durchführung einer ABP mit 37,08% (n=241) bei den Eingriffen in Operationsgruppe I mit großem Abstand gefolgt von 13,89% in der Operationsgruppe III (n=15) und schließlich 5,69% in der Operationsgruppe II (n=39) sowie 4,88% in der Operationsgruppe IV (n=2)(Tab. 69).

*Tab. 69. Mit und ohne Antibiotikaprophylaxe bei primär aseptischen Eingriffen und Operationsgruppen*

| Op-Gruppe | Untergruppe | ABP | Prozent % | keine ABP | Prozent% | **Gesamt** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Gruppe I | | 241 | 37,08 | 409 | 62,92 | **650** |
| | BSV | 134 | 31,09 | 297 | 68,91 | **431** |
| | SKS | 67 | 44,37 | 84 | 55,63 | **151** |
| | SRF | 27 | 67,5 | 13 | 32,5 | **40** |
| | Trauma | 10 | 45,45 | 12 | 54,55 | **22** |
| | sonstige spinale | 3 | 50 | 3 | 50 | **6** |
| Gruppe II | | 39 | 5,69 | 646 | 94,31 | **685** |
| | Schmerz INF spinale | 33 | 5,54 | 563 | 94,46 | **596** |
| | Schmerz INF TGN | 1 | 1,3 | 76 | 98,7 | **77** |
| | Schmerz OP | 5 | 41,67 | 7 | 58,33 | **12** |
| Gruppe III | | 15 | 13,89 | 93 | 86,4 | **108** |
| Gruppe IV | | 2 | 4,88 | 39 | 95,12 | **41** |
| **Gesamt** | | **297** | **20,01** | **1187** | **79,99** | **1484** |

Insgesamt erfolgte prozentual gesehen am ehesten eine ABP in der Operationsgruppe I, speziell bei SRF (67,5% der Eingriffe). In den Operationsgruppen II-IV erfolgte zu je über 80% keine ABP (Tab. 67). Zahlenmäßig lag der Großteil der Eingriffe mit ABP bei den BSV-Eingriffen mit 45,12% (n=134). In 241 (37,08%) der 650 Eingriffe ohne primäre Infektion in der Operationsgruppe I wurde eine ABP verabreicht (Tab. 69).

Patienten mit einem SRF-Eingriff erhielten signifikant häufiger (67,5%) eine ABP als Patienten ohne SRF-Eingriff (18,7%)(p=2,75e-014; Chi-Quadrat nach Pearson).

Es zeigte sich ein signifikanter Unterschied der Gabe einer ABP beim Vergleich von Trauma-Eingriffen (45,45%) und Eingriffen ohne Trauma (19,65%)(p=0,006; Exakter Test nach Fisher).

Signifikant häufiger erhielten Patienten bei einem SKS-Eingriff eine ABP (44,37%) als Patienten ohne einen SKS-Eingriff (17,25%) (p=2,95e-015; Chi-Quadrat nach Pearson).

Patienten mit BSV-Eingriff erhielten signifikant häufiger eine ABP (31,09%) als Patienten ohne eine BSV-Operation (15,48%) (p=8,9e-012; Chi-Quadrat nach Pearson).

Dagegen bekamen Patienten mit weniger komplexen Eingriffen signifikant seltener eine ABP. Patienten mit Schmerzeingriffen erhielten zu 5,69% eine ABP im Gegensatz zu 32,29% der Patienten ohne Schmerzeingriffe (p=2,53e-037; Chi-Quadrat nach Pearson). Auch Patienten mit Eingriffen an den peripheren Nerven erhielten seltener eine ABP (13,89%) als Patienten ohne einen Eingriff am peripheren Nervensystem (20,49%) (p=0,099; Chi-Quadrat nach Pearson).

Zervikale Eingriffe bekamen zu 33,09% (n=46) und lumbale Eingriffe bekamen zu 38,16% (n=195) eine perioperative ABP. Dieser Unterschied zeigte sich als nicht signifikant (p=0,273; Chi-Quadrat nach Pearson).

- **Alters- und Geschlechterverteilung**

Es zeigte sich kein signifikanter Unterschied des Alters bei Durchführung einer ABP (n=297) und bei Verzicht auf ABP (p=0,042; Mann-Whitney-U-Test) (Tab. 70).

*Tab. 70. Altersdurchschnitt mit und ohne Antibiotikaprophylaxe*

| | n | Min | Max | Mittelwert | Median | SD |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ABP | 297 | 2,47 | 89,13 | 55,81 | 57,29 | 15,18 |
| keine ABP | 1187 | 0 | 90,31 | 54,37 | 53,38 | 14,22 |

Unterteilt nach Alterskategorien wurde signifikant häufiger ein jüngeres Alter (≤ 30 Jahre) mit 24,14% und ein höheres Alter (> 60 Jahre) mit 23,02% beobachtet. Ein mittleres Alter (> 30 bis ≤ 60 Jahre) war seltener (p=0,033; Chi-Quadrat) (Tab. 71).

*Tab. 71. Rate der Antibiotikaprophylaxe altersabhängig*

| ABP | Alter ≤ 30 Jahre | Alter > 30 - ≤ 60 Jahre | Alter > 60 Jahre | **Gesamt** |
|---|---|---|---|---|
| ABP | 14 | 149 | 134 | **297** |
| keine ABP | 44 | 695 | 448 | **1187** |
| **Gesamt** | **58** | **844** | **582** | **1484** |
| **ABP Rate** | **24,14%** | **17,65%** | **23,02%** | **20,01%** |

Es erfolgte bei 61,28% (n=182) männlichen und 38,72% (n=115) weiblichen Patienten die Anwendung einer ABP (n=297). Bei Verzicht auf eine ABP (n=1187) war der Unterschied geringer mit 52,49% männlichen (n=623) zu 47,51% weiblichen Patienten (n=564) (Tab. 72).

*Tab. 72. Geschlechter und Antibiotikaprophylaxe*

| | Männlich | | Weiblich | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Gesamt | Prozent % | Gesamt | Prozent % | **Gesamt** | **Prozent %** |
| ABP | 182 | 61,28 | 115 | 38,72 | **297** | **100** |
| keine ABP | 623 | 52,49 | 564 | 47,51 | **1187** | **100** |
| **Gesamt** | **805** | | **679** | | **1484** | |

Es wurde signifikant häufiger eine ABP bei männlichen Patienten (22,61%) als bei weiblichen Patienten (16,94%) durchgeführt (p=0,007; Chi-Quadrat nach Pearson).

- **Operationsdauer**

Die durchschnittliche Operationsdauer lag bei den Eingriffen mit ABP bei 121,81±81,63 Minuten mehr als doppelt so lange durchschnittliche Operationsdauer im Vergleich zu 51,76±60,528 Minuten ohne ABP (p=1,38e-048; Mann-Whitney-U-Test). Bei längerer Operationsdauer wurde signifikant eher zu einer ABP tendiert (Tab. 73).

*Tab. 73. Operationsdauer mit und ohne Antibiotikaprophylaxe*

| | n | Min | Max | Mittelwert | Median | SD |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ABP | 297 | 4 | 546 | 121,81 | 113 | 81,63 |
| keine ABP | 1183 | 1 | 520 | 51,76 | 19 | 60,53 |

Mit zunehmender Länge der Operationsdauer wurde signifikant eher zu einer ABP tendiert (p=1,67e-034, Chi-Quadrat) (Tab. 74).

*Tab. 74. Rate der Antibiotikaprophylaxe operationsdauerabhängig*

| ABP | Operationsdauer ≤ 2 h | Operationsdauer > 2 h - ≤ 4 h | Operationsdauer > 4h | **Gesamt** |
|---|---|---|---|---|
| ABP | 162 | 113 | 22 | **297** |
| keine ABP | 1021 | 148 | 14 | **1183** |
| **Gesamt** | **1183** | **261** | **36** | **1480** |
| **ABP Rate** | **13,69%** | **43,30%** | **61,11%** | **20,07%** |

- **Liegedauer**

Die durchschnittliche Liegedauer bei Eingriffen mit einer ABP war mit 14,80±9,27 Tagen im Vergleich zu 9,16±10,6 Tagen ohne ABP deutlich länger (p=2,3e-032; Mann-Whitney-U-Test). Komplexere Krankheitsfälle mit längerer Liegedauer bekamen eher eine ABP (Tab. 75).

*Tab. 75. Liegedauer mit und ohne Antibiotikaprophylaxe*

| | n | Min | Max | Mittelwert | Median | SD |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ABP | 297 | 0 | 73 | 14,8 | 14 | 9,27 |
| keine ABP | 1187 | 0 | 121 | 9,16 | 7 | 10,6 |

Es fand sich ein signifikanter Zusammenhang zwischen der Gabe einer ABP und der verlängerten Liegedauer (p=3,28e-029, Chi-Quadrat) (Tab. 76).

*Tab. 76. Rate der Antibiotikaprophylaxe liegedauerabhängig*

| ABP | Liegedauer ≤ 7 d | Liegedauer > 7 d | **Gesamt** |
|---|---|---|---|
| ABP | 53 | 244 | **297** |
| keine ABP | 643 | 544 | **1187** |
| **Gesamt** | **696** | **788** | **1484** |
| **ABP Rate** | **7,61%** | **30,96%** | **20,01%** |

- **Intensivaufenthalt**

Es wurden signifikant häufiger ABP bei den Patienten auf der Intensivstation im Vergleich zu den Patienten durchgeführt, die nicht auf der Intensivstation waren (p=1,42e-011; Chi-Quadrat nach Pearson) (Tab. 77).

*Tab. 77. Rate der Antibiotikaprophylaxe mit Intensivstation*

| ABP | Intensivstation | keine Intensivstation | **Gesamt** |
|---|---|---|---|
| ABP | 15 | 282 | **297** |
| keine ABP | 3 | 1184 | **1187** |
| **Gesamt** | **18** | **1466** | **1484** |
| **ABP Rate** | **83,33%** | **19,24%** | **20,01%** |

- **Ambulante versus stationäre Eingriffe**

Zwei (0,67%) der 297 Eingriffe mit ABP und 92 (7,75%) der 1187 Eingriffen ohne ABP waren ambulante Eingriffe (Abb. 28).

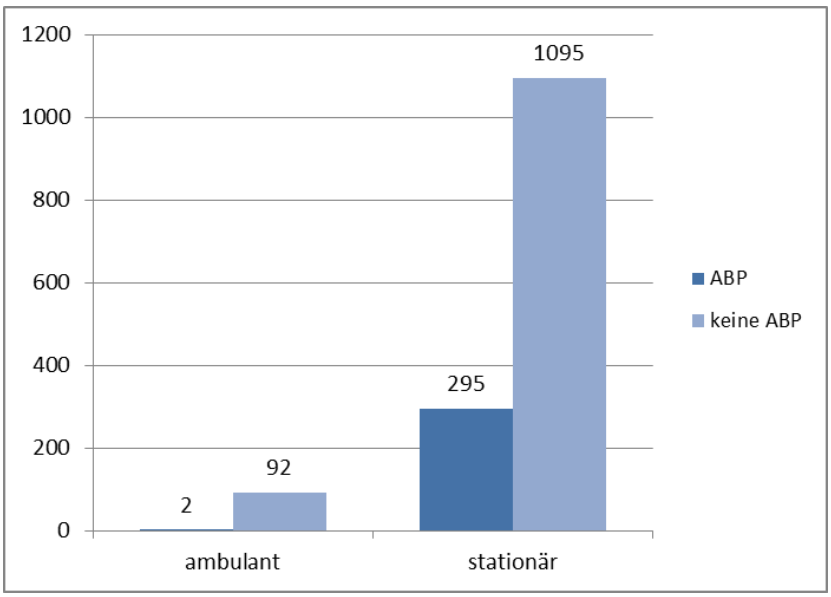


*Abb. 28. Anzahl ambulante versus stationäre Fälle mit Antibiotikaprophylaxe und ohne*

- **Perioperative Antibiotikaprophylaxe bei Eingriffen ohne primäre Infektion**

Von den 1416 Fällen ohne Entwicklung einer postoperativen Infektion hatten 264 (18,64%) eine ABP und 1152 (81,36%) keine erhalten (Tab. 78).

*Tab. 78. Antibiotikaprophylaxe bei postoperativ aseptischen Eingriffen*

| Op-Gruppe | Untergruppe | ABP | Prozent % | keine ABP | Prozent % | **Gesamt** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Gruppe I | | 211 | 35,46 | 384 | 64,54 | **595** |
| | BSV | 122 | 30,73 | 275 | 69,27 | **397** |
| | SKS | 59 | 41,55 | 83 | 58,45 | **142** |
| | SRF | 21 | 61,76 | 13 | 38,23 | **34** |
| | Trauma | 7 | 41,18 | 10 | 58,82 | **17** |
| | sonstige spinale | 2 | 40 | 3 | 60 | **5** |
| Gruppe II | | 38 | 5,62 | 638 | 94,38 | **676** |
| | Schmerz INF spinale | 32 | 5,41 | 559 | 94,59 | **591** |
| | Schmerz INF TGN | 1 | 1,37 | 72 | 98,63 | **73** |
| | Schmerz OP | 5 | 41,67 | 7 | 58,33 | **12** |
| Gruppe III | | 13 | 12,5 | 91 | 87,5 | **104** |
| Gruppe IV | | 2 | 4,88 | 39 | 95,12 | **41** |
| **Gesamt** | | **264** | **18,64** | **1152** | **81,36** | **1416** |

Eine perioperative ABP erfolgte vor allem mit 35,46% in der Operationsgruppe I. In dieser Operationsgruppe zeigten sich die häufigsten Anwendungen bei SRF mit

61,76% gefolgt von SKS (41,55%; n=59) und Trauma (41,18%; n=7). In der Operationsgruppe II wurde zu 94,38%, in der Operationsgruppe III zu 87,5% und in der Operationsgruppe IV zu 95,12% auf eine ABP verzichtet. Die Unterschiede der Verabreichung einer ABP waren signifikant (p=7,38e-042; Chi-Quadrat nach Pearson).

- **Komplikationsfolge: Revisionseingriffe**

Insgesamt wurde bei den 34 Patienten mit einer sekundären Infektion 17 der sekundären Infektionen konservativ behandelt. 16 Patienten wurden jeweils einmal operativ und 1 Patient zweimal revidiert. Daraus ergeben sich über den gewählten Zeitraum 18 neurochirurgische Revisionen in Zusammenhang mit einer sekundären Infektion.

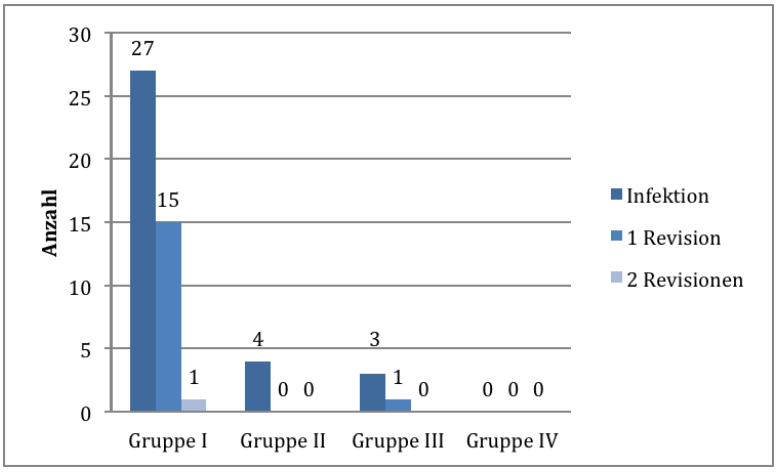


*Abb. 29. Anzahl der Mehrfacheingriffe bei sekundären Infektionen und Revisionen in den Operationsgruppen*

In der Operationsgruppe I erfolgte 15-mal eine einmalige operative Revision sowie einmal eine zweifache. In der Operationsgruppe III erfolgte eine einmalige operative Revision und in der Operationsgruppe II keine (Abb. 29).

Alle 10 Patienten mit einem sekundär entstandenen spinalen Abszess wurden einmal revidiert und von den 16 Wundinfekten wurden 6 einmal operativ revidiert. Ein spinales Empyem wurde zweifach revidiert. Somit war einmal eine Revision im Anschluss an eine erfolgte operative Infektsanierung notwendig.

# 4 Diskussion

In der vorliegenden Arbeit sollen Risikofaktoren für eine postoperative Infektion nach spinalen neurochirurgischen Eingriffen identifiziert werden. In diesem Zusammenhang wurden der Nutzen und die Effizienz einer perioperativen Antibiotikaprophylaxe untersucht.

## 4.1 Postoperative Infektionen in der Neurochirurgie

Es kann bei den postoperativen Infektionen zwischen sekundären operationsbezogenen Infektionen (SSI) und begleitenden Allgemeininfektionen unterschieden werden. Die Allgemeininfektionen werden jedoch kaum separat erwähnt. Entweder werden sie mit den sekundären Infektionen zusammengefasst oder häufiger gar nicht berücksichtigt.

In einer Literaturübersicht der letzten Jahrzehnte über die postoperativen Infektionen nach neurochirurgischen Eingriffen ergibt sich eine durchschnittliche Gesamtinfektionsrate von 3,42% (Tab. 79).

*Tab. 79. Literaturübersicht über postoperative Infektionsraten in der Neurochirurgie*

| Autor | Jahr | Fallzahl | Infektionsrate % |
|---|---|---|---|
| Balch | 1967 | 1767 | 3,10% |
| Quadery et al. | 1977 | 357 | 4,70% |
| Malis | 1979 | 1732 | 0,00% |
| Raggueneau et al. | 1983 | 1000 | 5,10% |
| Blomstedt | 1985 | 1143 | 7,26% |
| Tenney et al. | 1985 | 936 | 2,60% |
| Young und Lawner | 1987 | 830 | 2,29% |
| Korinek | 1997 | 2944 | 3,98% |
| Cacciola et al. | 2001 | 793 | 0,38% |
| Erman et al. | 2005 | 503 | 6,16% |
| Korinek et al. | 2005 | 4578 | 6,60% |
| McClelland und Hall | 2007 | 1587 | 0,80% |
| Lietard et al. | 2008 | 844 | 4,10% |
| Valentini et al. | 2008 | 1747 | 0,74% |
| **durchschnittliche Infektionsrate** | | | **3,42%** |

Nach einer Studie von Le et al. 2006 aus Vietnam aus der neurochirurgischen und orthopädischen Abteilung zeigen sich dagegen in den weniger entwickelten Ländern

höhere Inzidenzen für postoperative Infektionen in der Neurochirurgie. Die Inzidenz lag der Studie zufolge bei insgesamt 11,4%, zusammengesetzt von 8,3% in der neurochirurgischen und 15,2% in der orthopädischen Abteilung. Zusätzlich wurden zum Vergleich mit anderen Schwellen- und Entwicklungsländern Inzidenzen von beispielsweise 17% aus Tansania und 15% in Neu Delhi (Indien) erwähnt. Die erhöhte Inzidenz für postoperative Infektionen wird in der Studie zurückgeführt auf die klimatischen Bedingungen, Hygieneprobleme, Traumata durch zahlreiche Verkehrsunfälle sowie überfüllte Notaufnahmen (Le et al. 2006).

### 4.1.1 Sekundäre Infektionen nach spinalen Eingriffen

Infektionen nach spinalen neurochirurgischen Eingriffen kommen seltener als nach kraniellen vor (Gaynes et al. 2001, Tenney et al. 1985). Die Infektionsraten variieren jedoch sehr in der Literatur mit Werten von 0% bis zu 9% mit einer mittleren Infektionsrate von 2,76% (Tab. 80).

*Tab. 80. Literaturübersicht über postoperative Infektionsraten bei spinalen neurochirurgischen Eingriffen*

| Autor | Jahr | Fallzahl | Infektionsrate % |
|---|---|---|---|
| Tenney et al. | 1985 | 936 | 0,90% |
| Rubinstein et al. | 1994 | 141 | 8,51% |
| Abbey et al. | 1995 | 918 | 3,70% |
| Levi et al. | 1997 | 452 | 3,80% |
| Hodges et al. | 1998 | 126 | 0,80% |
| Wimmer et al. | 1998 | 850 | 2,59% |
| Picada et al. | 2000 | 817 | 3,20% |
| Weinstein et al. | 2000 | 2391 | 1,92% |
| Barker | 2002 | 843 | 3,90% |
| Blam et al. | 2003 | 3246 | 4,19% |
| Schnöring und Brock | 2003 | 1030 | 1,55% |
| Kanafani et al. | 2006 | 997 | 2,71% |
| Petignat et al. | 2008 | 1237 | 2,10% |
| Valentini et al. | 2008 | 663 | 0,15% |
| Kang et al. | 2010 | 348 | 1,44% |
| **durchschnittliche Infektionsrate** | | | **2,76%** |

Die Infektionsrate für sekundäre Infektionen lag in dieser Studie bei 2,29% und ist mit dem Durchschnittswert der korrelierenden Studien vergleichbar.

Bereits 1761 wurden spinale epidurale Empyeme durch Giovanni Battista Morgagni, dem Begründer der mikroskopischen pathologischen Anatomie, beschrieben

(Reihsaus et al. 2000). Das Empyem ist definiert als eine Eiteransammlung in einer Körperhöhle oder in einem Hohlorgan, während eingeschmolzenes Gewebe mit Abszesskapsel als Abszess bezeichnet wird. Am Wirbelkanal und Rückenmark gehen die Begriffe Abszess und Empyem jedoch ineinander über (Schirmer 2005), was eine genaue Unterteilung häufig erschwert. Spinale epidurale Empyeme entstehen beispielsweise in Folge einer Wirbelkörperosteomyelitis (Baker 1975; Moskopp und Wassmann 2005; Perrotti et al. 2009), durch hämatogene Verschleppung von extraspinalen Infektionen (Dandy 1926) oder per continuitatem durch direktes Einbringen von Erregern nach Legen eines Epiduralkatheters, durch Injektionen zur Schmerzbehandlung und zur diagnostischen oder therapeutischen Lumbalpunktion (Moskopp und Wassmann 2005). In der Literatur wird bei 16% aller spinalen epiduralen Abszesse eine iatrogene Ursache genannt (Mackenzie et al.1998). Vier Fünftel der spinalen epiduralen Abszesse erlauben eine Lokalisierung der Erregereintrittspforte (Moskopp und Wassmann 2005). Sie sind eher selten spontane Infektionen des zentralen Nervensystems mit einer Erkrankungshäufigkeit von 0,2 bis 2 Fällen auf 10 000 Patienten (Pilkington et al. 2003; van Bergen et al. 2009).

### 4.1.2 Allgemeininfektionen

Nach eingehender Betrachtung der vorliegenden Literatur fand sich nur eine geringe Anzahl publizierter Daten zu Allgemeininfektionen bei neurochirurgisch operierten Patienten (O'Shea 2004; Mastronardi und Tatta 2004; Shapiro et al. 1986; Sharma et al. 2009). Speziell zu postoperativen Allgemeininfektionen nach spinalen Eingriffen finden sich kaum Publikationen (Mastronardi und Tatta 2004). Meist werden die Patienten der interdisziplinären Fachabteilungen - unabhängig davon ob ein operativer Eingriff stattgefunden hat oder nicht - oder aber generell alle chirurgischen Patienten zusammengefasst (Herwaldt et al. 2006). Finden sich Daten bezüglich postoperativer Allgemeininfektionen begrenzt auf die Neurochirurgie handelt es sich meist um Patienten, die zusätzlich auf den interdisziplinären Intensivstationen behandelt werden mussten (O'Shea 2004). Auf den Intensivstationen liegt die Infektionsrate erfahrungsgemäß durch die beatmungsassoziierten Pneumonien, die katheterassoziierten Harnwegsinfektionen und die zentralvenenkatheterabhängigen Septikämien meist höher. Eine Zusammenfassung einiger Studien zeigt die postoperativen Infektionsraten der Allgemeininfektionen (Dettenkofer et al. 1999; Lietard et al. 2008) (Tab.81).

*Tab. 81. Literaturübersicht über postoperative Allgemeininfektionsraten*

| Autor | Jahr | Fallzahl | Infektionsrate | HWI | RTI | Sepsis |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Shapiro et al. | 1986 | 148 | 22,29% | 10,81% | 9,46% | 2,03% |
| O'Shea et al. | 2004 | 73 | 21,92% | 9,59% | 12,33% | k. A. |
| Mastronardi und Tatta | 2004 | 973 | 4,80% | 3,60% | 1,20% | k. A. |
| Herwaldt et al. | 2006 | 3864 | 3,00% | 1,40% | 1,10% | 0,50% |
| Sharma et al. | 2009 | 31927 | 10,90% | 3,00% | 4,40% | 3,50% |
| **durchschnittliche Infektionsrate** | | | **12,58%** | **5,68%** | **5,70%** | **2,01%** |

Insgesamt variieren die Raten der Allgemeininfektion sehr und sind deshalb nur eingeschränkt als Vergleichswerte zu nutzen. Teilweise sind die Unterteilungen der Allgemeininfektionen nur unvollständig (Mastronardi und Tatta 2004; O'Shea 2004). Die Gesamtinfektionsrate der Allgemeininfektionen reicht in dieser Auflistung von 3% bis 22,29% mit einer durchschnittlichen Infektionsrate von 12,58%.

Auch die einzelnen getrennt betrachteten Infektionsraten variieren deutlich. Beispielsweise beim Harnwegsinfekt liegt der durchschnittliche Wert bei 5,68% mit einer Reichweite von 1,4% bis 10,81%.

In dieser Studie lag die Gesamtinfektionsrate für postoperative Allgemeininfektionen bei 2,69%. Die Infektionsrate für Harnwegsinfektionen lag bei 1,82%, die für Infektionen des Respirationstraktes bei 0,67% und die für Septikämien bei 0,34%. Diese Werte liegen deutlich unter den Werten in der Literatur und sind höchstens vergleichbar mit den Ergebnissen von Herwaldt et al. 2006 (Tab. 81).

Postoperative sekundäre Infektionen können auch das Ergebnis nosokomialer Infektionen wie Infektionen der Harnwege und des oberen Respirationstraktes sein. Diese sind bei Patienten mit einem Trauma, besonders an der Wirbelsäule, an der Brust oder an den Extremitäten, doppelt so hoch (Blam et al. 2003).

## 4.2 Die Risikofaktoren

Das Auftreten von postoperativen Infektionen nach spinalen Eingriffen korreliert mit einer erhöhten Morbidität und Mortalität und steht in engem Zusammenhang mit schweren Folgen und Komplikationen, wie einer verlängerter Behandlung mit einem ausgedehntem Krankenhausaufenthalt und erheblichen Krankenhausmehrkosten (Erman et al. 2005). Aus diesem Grund und zur Verbesserung der Prognose ist es wichtig, mögliche Risikofaktoren zu erkennen und Prädiktoren zu definieren, um das

Auftreten von Komplikationen zu vermeiden und die Therapie anzupassen (Davis et al. 2004; Erman et al. 2005).

Es gibt zahlreiche Veröffentlichungen, in denen Risikofaktoren für die Entwicklung von operationsbedingten Infektionen aufgelistet werden. Allerdings finden sich multiple Unterschiede in der Gewichtung dieser verschiedenen Faktoren, der Studienansätze und auch bezüglich der Operationsprozeduren (Erman et al. 2005; Olsen et al. 2003). Einige Studien bestätigen sich, während andere hinsichtlich der signifikanten Risikofaktoren voneinander abweichen. Eine notwendige Antibiotikatherapie wird von einigen Chirurgen abhängig von den vorhersagbaren Risikofaktoren für eine postoperative Infektion gemacht, was ebenfalls eine Identifizierung dieser Risikofaktoren notwendig macht.

Der National Nosocomial Infection Surveillance (NNIS)- Index als standardisierte Überwachungsmethode in Amerika bewertet einzelne Eingriffe mit einem erhöhten Risiko für postoperative Infektionen zur Identifizierung von Risikopatienten. Er wurde in den frühen 70er Jahren entwickelt und im Verlauf vom National Healthcare Safety Network (NHSN) Index abgelöst. Der Index dient dazu die Entwicklung von Methoden zur Absenkung der Infektionsraten zu verbessern (Blam et al. 2003) und berücksichtigt dabei die Klassifikation der American Society of Anesthesiologists (ASA), die Klassifikation der Wundsituation und die Operationsdauer (Gaynes et al. 2001). Der Index zeigte sich gut zum Vergleich verschiedener neurochirurgischer Einheiten, aber weniger gut zur individuellen patientenbezogenen Anwendung. Nach Lietard et al. (2008) konnten jedoch keine Gemeinsamkeiten mit einem erhöhten Index und dem häufigeren Auftreten von operationsbezogenen Infektionen gefunden werden, weshalb dieser nicht als relevanter Risikofaktor bewertet wurde.

Es können patienten- und eingriffsabhängige Risikofaktoren ermittelt werden. Zu den patientenabhängigen Risikofaktoren zählen unter anderem das Alter, das Geschlecht, der Ernährungszustand (z. B. Adipositas, Kachexie oder Malnutrition), Fumatorium und Alkoholabusus, Inkontinenz, höhere Wundklassifizierung und eine zuvor stattgefundene Operation im selben Operationsgebiet oder Reintervention, Malignome, rheumatoide Arthritis, chronische Lungeninfektionen sowie dialysepflichtiges Nierenversagen (Belzunegui et al. 1999; Danner und Hartmann1987; Moskopp und Wassmann 2005; Ravicovitch und Spallone 1982; Rigamonti et al. 1999). Der in der

Anästhesie angewandte ASA Score > 2 wird ebenfalls von einigen Autoren als ein vor der Operation vorliegender Risikofaktor bezeichnet (Edwards et al. 2007). Prädisponierende Risikofaktoren sind Immunsuppressionen durch Diabetes mellitus, Zirrhose, AIDS und Langzeit-Steroidmedikation verursacht (Reihsaus et al. 2000). Auch kürzlich stattgefundene operative Instrumentation oder Traumata sowie intravenöse Medikation, stattgefundene epidurale Regionalanästhesie und Analgesie, Hautabszesse und Furunkel können zu einem vermehrten Vorkommen von spinalen Infektionen führen (Horlocker und Wedel 2008; Reihsaus et al. 2000).

Zu den eingriffsbezogenen Risikofaktoren wird die Art des Eingriffs, eine verlängerte Operationsdauer, ein erhöhter intraoperativer Blutverlust verbunden mit notwendiger intraoperativer Bluttransfusion, eine nicht verabreichte prophylaktische Antibiotikagabe, operative Fertigkeiten in Abhängigkeit des Operateurs sowie potentielle Gewebeschädigung und Wundheilungsstörungen mit beispielsweise Seromentwicklungen gezählt (Apisarnthanarak et al. 2003; Capen et al. 1996; Kanafani et al. 2006; Mastronardi und Tatta 2004; Olsen et al. 2003; Wimmer et al. 1998).

Ein höherer ASA-Score und postoperative Inkontinenz sind beispielsweise signifikant mit einer erhöhten Infektionsrate assoziiert (Apisarnthanarak et al. 2003; Korinek 1997; Olsen 2003). Postoperative Inkontinenz erhöht das Infektionsrisiko vermutlich durch Kontamination durch Fäkalkeime nahezu um das Achtfache (Olsen et al. 2003).

Prädisponierenden Risikofaktoren müssen jedoch im Infektionsfall nicht unbedingt vorliegen (Vilke und Honingford 1996). Darouiche et al. untersuchten 1992 in einer Studie 43 Patienten mit epiduralem Abszess, von denen 8 Patienten keine eindeutigen prädisponierenden Risikofaktoren hatten.

### 4.2.1 Operationsgruppen

„The type of surgery is perhaps the most significant variable affecting the rate of infection“(Beiner et al. 2003, S. E 14). Hierbei beziehen sich Beiner et al. (2003) auf Wimmer et al. (1998), wonach die Operationsart ein wesentlicher Risikofaktor für Infektionen ist. Je komplexer der erfolgte Eingriff, desto höher ist das Risiko für postoperative Infektionen (Massie et al. 1992; Olsen et al. 2003; Weinstein et al. 2000). Nach Lietard et al. (2008) wurden die Operationsgruppen der neurochirurgischen

Eingriffe entsprechend der Empfehlungen des NNIS Systems in 4 Gruppen unterteilt: Kraniotomie, spinale Chirurgie (Fusion, Biopsie, Tumorexzision, Laminektomie, Bandscheibenoperation), cerebrospinale Chirurgie mit Shuntanlagen und Operationen an den peripheren Nerven (Neurolyse, Tumorexzision). Andere Einteilungen beruhen auf der Art des Eingriffs mit Unterteilung in die Komplexität des Eingriffs.

Zur Differenzierung des unterschiedlichen Infektionsrisikos und zur vereinfachten Vergleichbarkeit erfolgte in Anlehnung an die vorliegende Literatur in dieser Studie ebenfalls eine Unterteilung in verschiedene Operationsgruppen (Lietard et al. 2008). In dieser Studie zeigten sich signifkante Unterschiede zwischen den Operationsgruppen und der Infektionsrate (p=0,0001).

#### 4.2.1.1 Wirbelsäuleneingriffe (Gruppe I)

Bei den spinalen Eingriffen können Operationen nach Art der Operation (Stambough und Beringer 1992; Wimmer et al. 1998) und nach der Wirbelsäulenerkrankung (Mastronardi und Tatta 2004) mit höherem und mit geringerem Risiko unterschieden werden. Stambough und Beringer (1992) machten zunächst eine Unterteilung nach der Operationsprozedur (spinale Fusion, Dekompression und Dekompression mit Fusion) und des weiteren eine Unterteilung in 6 Diagnoseuntergruppen (Trauma, degenerative spinale Erkrankung, Deformität der Wirbelsäule, Spondylolisthesis, spinale Tumoren und Bandscheibenvorfälle).

Mastronardi und Tatta (2004) haben in einer Studie über saubere spinale neurochirurgische Eingriffe die spinalen Eingriffe hinsichtlich der Ätiologie in degenerative (Bandscheibenvorfälle, Spondylosis), traumatische und neoplastische (benigne oder maligne Raumforderung) Wirbelsäulenerkrankungen unterteilt. Nach dieser Studie sind 90,3% der operationspflichtigen Eingriffe degenerativer, 7,4% traumatischer und 2,3% neoplastischer Ursache (Mastronardi und Tatta 2004).

In dieser Studie zeigten sich vergleichbare Verteilungen der Eingriffe mit ebenfalls einem deutlich größeren Anteil von 88,51% an degenerativen Eingriffen, 7,28% tumoröser und 3,34% traumatischer Genese.

Nach Wimmer et al. (1998) ergab sich eine mögliche Unterteilung der Operationsarten an der Wirbelsäule in die Diskektomie, die Dekompression, die Fusion und die

Instrumentation. Dabei hatte die Diskektomie die geringste (< 1%) (Massie et al. 1992; Weinstein et al. 2000) und die spinale Fusion - speziell mit zusätzlicher Instrumentation (Spondylodese) - die höchste Infektionsrate (3-6%) (Massie et al. 1992; Weinstein et al. 2000; Wimmer et al. 1998). Die Infektionsrate bei Dekompressionen lag bei 1,5-2% (Massie et al. 1992; Weinstein et al. 2000). In dem im November 2008 vom NHSN publiziertem Bericht wurden postoperative Infektionsraten nach Laminektomie von 0,73-2,44% und nach spinaler Fusion von 0,72-4,13% aufgeführt. Für die spinale Refusion lag die postoperative Infektionsrate zwischen 2,6-9,88% mit deutlich höherem Risiko (NHSN).

In einer Veröffentlichung von Weinstein et al. (2000) haben Fusionen ohne Instrumentation ein Infektionsrisiko von 0,4%, Diskektomien 0,86%, Dekompressionen 1,5% und bei zusätzlicher Fusion einer Dekompression 2,4%. Das höchste Risiko mit 3,2% lag in dieser Studie bei Fusionen mit zusätzlicher Instrumentation (Weinstein et al. 2000). Diese Ergebnisse korrelieren mit den Ergebnissen einer Studie von Massie et al. (1992), in der sich das Risiko für postoperative Infektionen durch zusätzliche Instrumentation bei Fusionen von 1 bis 5% auf über 6% erhöhte und sich das Diskektomierisiko ebenfalls bei kleiner als 1% befand. Die Einstufung der Instrumentation als Risikofaktor wurde in zahlreichen veröffentlichten Darstellungen bestätigt (Mastronardi et al. 2004). Nach Stambough und Beringer (1992) galten Eingriffe mit kleiner Inzision und geringer Beanspruchung des Weichteilgewebes, wie beispielsweise bei der Diskektomie oder Laminektomie, als Operationen mit einem niedrigen Risiko, während Eingriffe mit Knochentransplantation beispielsweise aus dem Beckenkamm und Eingriffe mit Instrumentation als spinale Hochrisikoeingriffe zu werten waren (Stambough und Beringer 1992).

Entgegen dieser Studien wurde nach Olsen et al. (2003) die Fusion mit zusätzlicher Instrumentation nicht als signifikanter Risikofaktor gesehen. In der gleichen Studie fand sich auch kein erhöhtes Risiko bei Fusionen bei Tumorresektion oder anderer spinaler Läsionen (Olsen et al. 2003). Watanabe et al. (2010) sahen die Instrumentation nicht als Risikofaktor für operationsbezogene Infektionen.

Die Infektionsrate für Eingriffe an der Bandscheibe lag in dieser Studie mit 3,48% deutlich höher als die Vergleichswerte in der Literatur. Innerhalb der Wirbelsäulengruppe dieser Studie lag sie jedoch unter den anderen Infektionsraten (Spinalkanal-

stenosen 3,97%, spinale Raumforderungen 12,5%, spinale Traumata 4,55%). Die erhöhte Infektionsrate resultiert aus der Zusammenfassung aller Bandscheibeneingriffe in eine Gruppe ohne separate Betrachtung der reinen Diskektomien getrennt von den zusätzlichen Stabilisierungen. Eingriffe ohne Bandscheibeneingriffe zeigten eine signifikant niedrigere Infektionsrate mit 1,8% (p=0,05).

Die geringe Infektionsrate nach Diskektomien in den anderen Studien im Vergleich zu anderen Eingriffen ergab sich durch kürzere Operationszeiten, geringeres Muskeltrauma sowie durch gesündere und jüngere Patienten (Beiner et al. 2003). Aufgrund dieses geringen Risikos für postoperative Infektionen nach Diskektomien wurde von manchen Autoren empfohlen auf eine perioperative Antibiotikaprophylaxe zu verzichten (Kurz et al. 1996).

Tumorresektionen in der spinalen Chirurgie korrelieren deutlich mit einem erhöhten postoperativen Infektionsrisiko und stellen in der Literatur meist einen signifikanten Risikofaktor dar (Olsen et al. 2003). Olsen et al. (2003) berichteten über höhere Infektionsraten nach Resektion von spinalen Metastasen als nach Laminektomien. Weinstein et al. (2000) konnten in ihrer Studie 20% Wundinfektionen bei spinalen Metastasenresektion nachweisen. Eine erhöhte Wundinfektionsrate von 9,1% bei spinalen Neoplasien wird auch von Mastronardi und Tatta 2004 in einer Veröffentlichung erwähnt (Mastronardi und Tatta 2004).

Die vorliegenden Ergebnisse mit einer erhöhten Infektionsrate von 12,5% für spinale Raumforderungen korrelieren mit den Angaben in der Literatur. Innerhalb dieser Studie lag die Infektionsrate für Eingriffe bei Tumoren verglichen mit den anderen Operationsgruppen signifikant am höchsten (p=0,002).

Vorherige Bestrahlung in dem Operationsgebiet und spinale Dysrhaphien werden nach einigen Autoren zu den Risikofaktoren zur Entwicklung einer postoperativen Wundinfektion gerechnet (Apisarnthanarak et al. 2003). Um das deutlich erhöhte Infektionsrisiko bei Tumorresektionen zu vermindern, wird empfohlen, die Bestrahlung nach abgeschlossener Wundheilung durchzuführen (Weinstein et al. 2000).

Eingriffe bei spinalen Traumata zeigen sich in der Literatur als prädiktiver Risikofaktor für die Entwicklung von postoperativen Infektionen (Korinek 1997; Mastronardi und Tatta 2004; Narotam et al. 1994; Rechtine et al. 2001; Watanabe et al. 2010). Nach

Blam et al. (2003) liegt die Infektionsrate mit 9,4% annähernd doppelt so hoch bei Patienten mit Traumata im Vergleich zu 3,7% bei elektiven Eingriffen und damit die Gefahr der Morbidität fast doppelt so hoch (Abbey et al. 1995; Rechtine et al. 2001). Rechtine et al. (2001) beschrieben eine Inzidenz von 10% postoperativer Infektionen nach Frakturen im thorakolumbalen Wirbelsäulenbereich, wobei bei Patienten mit einem zusätzlichen neurologischen Defizit das Risiko mit 41% noch viel höher lag. Das deutlich erhöhte Infektionsrisiko nach Eingriffen bei Traumata korreliert nach einigen Studien mit den oft notwendigerweise ausgedehnten Operationen auf mehreren Wirbelsäulenetagen sowie einer Kombination aus dorsalen und anterioren Zugängen. Durch diese konsekutive großflächige Weichteilirritation (Blam et al. 2003), die posttraumatische systemische Immunsuppression sowie den doppelten physischen Stress durch Trauma und Operation werden die Patienten zusätzlich belastet (Blam et al. 2003; Pories et al. 1991). Es bestehen häufig multiple offene Verletzungen, die rasch versorgt werden müssen. Die polytraumatisierten Patienten sind meist kardiopulmonal instabil und müssen auf der Intensivstation überwacht werden. Spinale Traumata sind oft mit einer hochdosierten Kortisonbehandlung mit zugleich erhöhter Infektions- und Sepsisgefahr und einer verlängerten Liegedauer verbunden (Blam et al. 2003).

Elektive spinale Eingriffe fallen in der Literatur dagegen in die Wundklassifikation der sauberen Eingriffe mit einer niedrigen Infektionsrate von etwa 2-4% (Blam et al. 2003; Kanafani et al. 2006; Mastronardi und Tatta 2004).

In dieser Studie lag die Infektionsrate für spinale Traumata entsprechend den Literaturangaben mit 4,55% höher als die Infektionsrate der atraumatischen Eingriffe (2,26%). Dies war jedoch nicht signifikant (p=0,402). Es zeigte sich in der vorliegenden Studie lediglich ein Infektionsfall. Dies hängt vermutlich damit zusammen, dass polytraumatisierte Patienten auch in anderen Abteilungen behandelt wurden, und somit die Unvollständigkeit der Daten zu diesen Patienten als Ausschlußkriterium galt. Zudem waren sie häufig auf der Intensivstation und entwickelten neben Infektionen des Operationsgebietes auch andere nosokomiale Infektionen.

Das erhöhte Infektionsrisiko hinsichtlich der spinalen Operationen bei Tumoren (Olsen et al. 2003; Weinstein et al. 2000) und Traumata wird unter anderem durch die erhöhte Komplexizität des häufig ausgedehnteren Eingriffs und verlängerte Opera-

tionsdauer begründet (Darouiche et al. 1992; Rechtine et al. 2001; Reihsaus et al. 2000).

Die Eingriffe an der Wirbelsäule sind nach der Höhenlokalisation in zervikale oder thorakolumbale Eingriffe zu unterteilen, wobei der prozentuale Anteil der thorakolumbalen Eingriffe mit beispielsweise 77% deutlich über dem Anteil der zervikalen Eingriffe (23%) lag (Mastronardi und Tatta 2004).

Diese Angaben stimmen überein mit den Ergebnissen dieser Arbeit von einem Anteil von 78,91% thorakolumbalen und 21,09% zervikalen Eingriffe an der Wirbelsäule.

Zudem gibt es unterschiedliche Infektionsraten abhängig von der Höhenlokalisation des spinalen Eingriffs. Infektionen an der thorakolumbalen Wirbelsäule werden häufiger beobachtet als nach zervikalen Eingriffen (Blam et al. 2003, Calvo et al. 2000; Mastronardi und Tatta 2004; Perrotti et al. 2009; Rath et al. 1996). In einer Studie von Blam et al. (2003) zeigten sich 12,3% postoperative Infektionen nach thorakolumbalen und 2,4% bei zervikalen Eingriffen.

In dieser Studie zeigten sich die thorakolumbalen Eingriffe mit einer Infektionsrate von 3,69% ebenfalls deutlich häufiger als die zervikalen mit 0,46% der Wirbelsäuleneingriffe. Dies war jedoch nicht signifikant (p=0,234).

Es ist zu beachten, dass zervikale Eingriffe nach Blam et al. (2003) durchschnittlich als wesentlich kürzer (219 Minuten) und in der Anzahl betroffener Wirbelkörper begrenzter gelten als thorakolumbale (315 Minuten) (Blam et al. 2003).

Insgesamt sind spinale epidurale Abszesse, besonders in Höhe des zervikalen Bereiches, relativ selten. In der Literatur werden Prozentzahlen von 12-16% mit zervikalem Anteil der spinalen Abszesse beschrieben (Darouiche et al. 1992; Lanfermann et al. 1996; Lasker und Harter 1987; Vilke und Honingford 1996). Nach Lanfermann et al. (1996) zeigten sich 85,29% im thorakolumbalen Bereich.

Die Verteillung der Infektionen war in dieser Studie ähnlich mit 11,11% der sekundären Infektionen in Höhe der zervikalen und 88,89% in Höhe der lumbalen Wirbelsäule.

#### 4.2.1.2 Schmerzeingriffe (Gruppe II)

Angaben in der Literatur bezüglich der Infektionen nach Schmerzeingriffen (Infiltrationen, Schmerzkathetereingriffe) sind in nur kleiner Anzahl vorhanden. Eine Infektion an der Wirbelsäule kann durch spinale Eingriffe bei diagnostischen und therapeutischen Maßnahmen - wie beispielsweise paravertebrale Infiltationen - auftreten, wobei die allgemeine Inzidenz einer Spondylodiszitis nach perkutanen und offenen Eingriffen mit 0,1% bis 1,7% als sehr niedrig beschrieben wird (Börm und Meyer 2008). In Folge der Zunahme von interventionellen Maßnahmen zur Schmerztherapie kommt es auch zu einem erhöhten Vorkommen spinaler Infektionen (Moskopp und Wassmann 2005). Infektionsraten sind in der Literatur nur wenig beschrieben.

Die Infektionsrate für sekundäre postoperative Infektionen nach Schmerzeingriffen lag in dieser Studie mit 0,58% ebenfalls sehr gering. Die Infektionsrate ohne Schmerzeingriffe lag signifikant höher mit 3,75% (p=0,00005). Innerhalb der Gruppe der Schmerzeingriffe fanden sich signifikante Unterschiede hinsichtlich der Infektionsrate (p=0,0000001). Alle SSI in der Gruppe II erfolgten nach Glycerin-Rhizotomien bei Trigeminusneuralgie.

#### 4.2.1.3 Periphere Nerveneingriffe (Gruppe III)

In der Gruppe der Infektionen nach Eingriffen an peripheren Nerven handelte es sich um Infektionen nach Neurolysen bei Nervenkompressionssyndromen sowie Eingriffen bei Nervenerkrankungen, Tumoren und Traumata bei peripheren Nerven. Die Anzahl der Eingriffe an peripheren Nerven und der Infektionen ist gering. Dies korreliert ebenfalls mit den wenigen Angaben in der Literatur. Nach McClelland und Hall (2007) zeigte sich bei 32 Eingriffen an peripheren Nerven von 1587 neurochirurgischen Eingriffen keine Infektion. In einer Studie von Lietard et al. (2008) fanden sich von 844 Patienten, die in der Neurochirurgie operiert wurden, lediglich 1,9% (n=16) Patienten mit Eingriffen an den peripheren Nerven. Angaben zur Infektionsrate wurden nicht gemacht.

Die durchschnittliche Infektionsrate lag in dieser Studie mit 2,78% ebenfalls sehr niedrig, aber höher als in der Literatur. Dies ist in Zusammenhang mit der geringen Anzahl von 7,22% der Eingriffe an peripheren Nerven in dieser Studie zu bringen.

### 4.2.2 Alters- und Geschlechterverteilung

Erman et al. (2005) beschrieben ein fortgeschrittenes Alter als signifikanten Risikofaktor für postoperative Infektionen in der Neurochirurgie. Dies wurde bereits zuvor durch Mangram et al. (1999) und Massie et al. (1992) postuliert. Nach einer Studie nach Reihsaus et al. (2000) lag das Alter dagegen bei 30 bis 60 Jahren. In einer aktuelleren Studie bezüglich postoperativer Infektionen nach elektiven neurochirurgischen Eingriffen wurde ebenfalls eher ein mittleres Alter (16 bis 50 Jahre) als ein höheres als Risikofaktor betrachtet (Valentini et al. 2008). Durch den demographischen Wandel und das Bestehen einer älteren Population zeigten sich in anderen Studien vornehmlich Patienten mit einem mittleren bis höheren Lebensalter (Boston et al. 2009; Calvo et al. 2000; Colmenero et al. 1997; Gorchynski et al. 2009; Hlavin et al. 1990). Nach Weinstein et al. (2000) lag der Altersdurchschnitt von Patienten mit einer postoperativen spinalen Infektion bei 57,2 Jahren ähnlich wie bei Blam et al. (2003) mit 55 Jahren bei spinalen Infektionen nach spinalen Eingriffen bei Traumata. Nach Watanabe et al. (2010) und Olsen et al. (2003) habe das Alter wiederum keinen Einfluss auf die Entwicklung einer postoperativen Infektion.

In dieser Studie ergab sich ein Altersdurchschnitt von 58,99 Jahren für die Patienten mit einer sekundären Infektion, und die meisten Patienten hatten ein mittleres (> 30 bis ≤ 60 Jahre) bis höheres Alter (> 60 Jahre). Das Alter der Patienten mit einer sekundären Infektion lag jedoch nicht signifikant höher als bei Patienten ohne eine postoperative Infektion (p=0,116). Wurden die Wirbelsäuleneingriffe betrachtet, zeigte sich jedoch ein signifikant höheres Durchschnittsalter bei sekundären Infektionen als bei Operationen ohne Infektion (p=0,022).

In der Literatur wird dem männlichen Geschlecht oft eine geschlechterspezifische Dominanz zur Entwicklung postoperativer Infektionen zugeschrieben und das männliche Geschlecht als prädiktiver Risikofaktor gewertet (Horwitz und Curtin 1975; Korinek et al. 2008; Levi et al. 1997). Andere Studien zeigten ebenfalls einen hohen Anteil des männlichen Geschlechts von 65% und 86% (Darouiche et al. 1992; Del Curling et al. 1990). Nach Reihsaus et al. (2000) fanden sich annähernd doppelt so viele männliche Patienten mit spinalen Infektionen wie weibliche (Verhältnis 1:0,56). Andere Studien widersprachen diesen Aussagen und vertraten die Meinung, dass dem

Geschlecht kein Einfluss auf die Entwicklung einer sekundären Infektion zugeschrieben werden kann (Erman et al. 2005; Lietard et al. 2008; Watanabe et al. 2010).

In dieser Studie handelte es sich bei den sekundären Infektionen zu 61,76% um männliche und nur zu 38,24% um weibliche Patienten. Diese Ergebnisse zeigten jedoch keine signifikanten Unterschiede (p=0,373).

### 4.2.3 Operationsdauer

Besonders häufig wurde eine verlängerte Operationsdauer als signifikanter Risikofaktor beschrieben. Die Operationsdauer ist abhängig von dem zu erfolgenden Eingriff, der Komplexität und von der Fertigkeit und Technik des Operateurs. Eine verlängerte Operationsdauer erhöht das Risiko für Infektionen deutlich (Massie et al. 1992; Narotam et al. 1994; Pull ter Gunne und Cohen 2009; Valentini et al. 2008; Wimmer et al. 1998), insbesondere durch eine vermehrte bakterielle Wundkolonisation (Mastronardi und Tatta 2004).

Dabei variieren in den verschiedenen Studien die unterschiedlichen Zeitintervalle, ab dem eine verlängerte Operationsdauer als Risikofaktor signifikant zählt: Bei Mastronardi und Tatta (2004) und Valentini et al. (2008) ab länger als 2 Stunden, bei Wimmer et al. (1998) ab 3 Stunden, bei Korinek/ Korinek et al. (1997/2008) ab 4 Stunden, bei Massie et al. (1992) ab 5 Stunden und bei Savitz et al. (1994) ab 6 Stunden. In einer Studie von Boston et al. 2009 wird eine verlängerte Operationsdauer als signifikanter Risikofaktor bereits ab einer Operationsdauer von über 100 Minuten bestätigt. Demgegenüber räumen Watanabe et al. (2010) der Operationsdauer von mehr als 3 Stunden keine signifikante Zunahme des Risikos für Infektionen ein. Diese Meinung wird auch durch andere Studien vertreten (Blam et al. 2003; Erman et al. 2005; Lietard et al. 2008; Stambough und Beringer 1992). Jedoch wurde in einigen Studien - nach Erman et al. (2005) nach mehr als 3 Stunden - eine zusätzliche Gabe der Antibiotikaprophylaxe verabreicht.

Bei Betrachtung aller Operationsgruppen konnte in dieser Studie ein signifikanter Anstieg der Infektionsrate bei einer verlängerten Operationsdauer länger als 2 Stunden festgestellt werden (p=0,00001). Ein starker Anstieg der Infektionsrate von 5,56% (Operationsdauer ≤ 2 Stunden) und 28,57% (Operationsdauer > 2 und ≤ 4

Stunden) zeigte sich speziell bei den Eingriffen bei spinalen Raumforderungen (p=0,355). Dies war jedoch nicht signifikant.

Olsen et al. (2003) halten eine verlängerte Operationsdauer für einen potentiellen Risikofaktor. Nach Ausschluss der Tumoreingriffe fand sich jedoch kein signifikanter Unterschied mehr zu den kürzeren Operationen (Olsen et al. 2003). Die durchschnittlichen Operationszeiten lagen in anderen Studien bei den spinalen Eingriffen bei 78 Minuten und bei den Eingriffen an peripheren Nerven bei 48 Minuten (Lietard et al. 2008). Bei traumatischen spinalen Operationen lag die durchschnittliche Operationsdauer mit 254 ±149 Minuten deutlich höher (Pull ter Gunne und Cohen 2009).

In dieser Studie zeigte sich die durchschnittliche Operationsdauer für alle Operationsgruppen bei sekundären Infektionen mit 122,26 Minuten zu 63,59 Minuten ohne postoperative Infektion signifikant verlängert (p=0,0000001). Innerhalb der Wirbelsäulengruppe fanden sich ebenfalls signifikante Unterschiede zwischen den Fällen mit sekundärer Infektion und ohne (p=0,017). Speziell in der Untergruppe der Bandscheibeneingriffe bei sekundärer Infektion war die Operationsdauer signifikant verlängert (136,33 Minuten) als ohne Infektion (115,55 Minuten) (p=0,044). Für die Eingriffe an den peripheren Nerven konnte auch ein signifikanter Unterschied der Länge der Operationsdauer und dem Ereignis einer sekundären Infektion gefunden werden (p=0,012).

### 4.2.4 Liegedauer

Eine präoperative Krankenhausaufenthaltsdauer von weniger als 24 Stunden oder über 6 Tagen wird laut einer Multicenter Studie von 2944 Patienten als patientenbezogener Risikofaktor für das Auftreten von Infektionen gesehen (Korinek 1997).

Aber auch durch eine verlängerte postoperative Liegedauer erhöht sich das Auftreten von Infektionen (Massie et al. 1992). Nach Ilic und Marcovic-Denic (2009) erhöhte sich das Infektionsrisiko für nosokomiale Infektionen ab einem Aufenthalt von 8 Tagen signifikant. Nach Lietard et al. (2008) wuchs bereits ab einer Liegedauer von mehr als 2 Tagen das Risiko zur Entwicklung von postoperativen Infektionen.

Im Gegensatz dazu sahen zuvor ausgewählte Publikationen von Blam et al. (2003) und Dempsey et al. (1988) die Krankenhausliegedauer nicht als signifikanten Risikofaktor an.

Nach Apisarnthanarak et al. (2003) lag der Median der Liegedauer der Patienten mit einer postoperativen spinalen Infektion bei 16 Tagen und ohne Infektion bei 4 Tagen. Im Infektionsfall verlängerte sich die Hospitalisation durchschnittlich um 11,2 zusätzliche Tage (Apisarnthanarak et al. 2003).

Die durchschnittliche Liegedauer für Patienten mit sekundärer Infektion in dieser Studie zeigte sich ähnlich den Angaben in der Literatur bei 22,26 Tagen (Median 18,5 Tage) im Vergleich zu 9,79 Tagen (Median 8 Tage) ohne Auftreten einer Infektion. Der Unterschied war signifikant (p=0,00000003). Speziell in der Gruppe der spinalen Eingriffe konnte für die Fälle einer sekundären Infektion eine signifikant verlängerte Liegedauer mit durchschnittlich 26,37 Tagen zu den Fällen ohne Infektion mit durchschnittlicher Liegedauer von 16,13 Tagen nachgewiesen werden (p=0,000003). Es zeigte sich für alle Operationsgruppen zusammen eine erhöhte Infektionsrate bei längerer Liegedauer. Die Infektionsrate bei einer Liegedauer ≤ 7 Tagen lag bei 0,86% und bei > 7 Tagen stieg die Infektionsrate auf 3,55% an (p=0,001). Speziell bei den Patienten mit einem spinalen Trauma war die Liegedauer verlängert bei sekundären Infektionen im Vergleich zu der ohne Infektionsfälle. Dies war jedoch nicht signifikant (p=0,444). Hinsichtlich der Liegedauer und sekundärer Infektion konnte bei den Bandscheibeneingriffen (p=0,0001) und bei den Eingriffen bei Spinalkanalstenosen (p=0,015) ein signifikanter Unterschied gefunden werden.

Le et al. kamen 2006 in einer Studie über Schwellen- und Entwicklungsländer zu höheren Ergebnissen mit einer verlängerten Krankenhausliegedauer von sogar 17 Tagen im Infektionsfall. Diese Zahlen waren vergleichbar mit älteren Studien mit einer zusätzlichen Krankenhausliegedauer nach spinalen Eingriffen von 16,6 Tagen (Levi et al. 1997) und von 20 Tagen im Infektionsfall verglichen mit 6 Tagen ohne Infektion (Kanafani et al. 2006). Bei Olsen et al. (2003) hingegen lag die Krankenhausliegedauer durchschnittlich 6 Tage höher als bei Patienten ohne postoperative Infektion.

### 4.2.5 Intensivaufenthalt

Ein postoperativ notwendiger Aufenthalt auf der Intensivstation wird in der Literatur als signifikanter Risikofaktor ab einem Tag und länger angesehen und erhöht das Risiko zur Entwicklung einer postoperativen Infektion 6 bis 13 fach (Blam et al. 2003). Nach Laborde et al. (1993) besteht durch eine Aufenthaltsdauer auf der Intensivstation von länger als 48 Stunden mit 36,3% eine deutlich erhöhte Infektionsgefahr auf der Intensivstation für neurochirurgische Patienten. Im Vergleich zu diesen Werten lag die durchschnittliche Infektionsrate aller neurochirurgischen Patienten auf der Intensivstation mit weniger als 48 Stunden Aufenthalt auf der Intensivstation bei 11,2% (Laborde et al. 1993). Nach Dettenkofer et al. (1999) fand sich ebenfalls eine hohe Infektionsrate auf einer neurochirurgischen Intensivstation mit einer Infektionsrate von 20,7%. Infektionen gelten als signifikant assoziiert mit der Länge des Aufenthaltes auf der Intensivstation sowie mit der Intubations- und Ventilationsdauer (O'Shea et al. 2004).

Die Infektionsrate für Patienten mit einer sekundären Infektion und postoperativer Aufenthalt auf der Intensivstation für länger als 48 Stunden zeigte sich in dieser Studie mit einer Infektionsrate von 22,2% um den Faktor 11 erhöht im Vergleich zu den sekundären Infektionen ohne Intensivaufenthalt (2,05%). Dies war entsprechend der Literatur und signifikant ($p=0,001$). Für Allgemeininfektionen wurde ein signifikanter Anstieg der Infektionsrate (von 2,08% ohne Intensivaufenthalt auf 62,5% mit Intensivaufenthalt) beobachtet bei registriertem Aufenthalt auf der Intensivstation länger als 48 Stunden ($p<0,01$).

Dieses erhöhte Risiko für eine Infektionsentwicklung durch den Aufenthalt auf der Intensivstation ist wahrscheinlich mit dem reduzierten Allgemeinzustand der Patienten in Zusammenhang zu bringen. Des Weiteren besteht beatmungs-, dauerkatheter- und zentralvenenkatheterbedingt ein erhöhtes Allgemeininfektionsrisiko (Blam et al. 2003; Laborde et al. 1993). Auch schon vorbestehende Infektionen verschlechtern die Ausgangssituation für Patienten auf der Intensivstation (O'Shea et al. 2004). Eine Malnutrition oder eine Immunsuppression durch beispielsweise zugrundeliegende Vorerkrankungen - wie Tumorleiden oder auch Traumata - können die erhöhte Infektionsrate auf der Intensivstation beeinflussen (O'Shea et al. 2004).

Es wurden in dieser Studie signifikant häufiger Tumorpatienten auf der Intensivstation (33,33%) als auf der Normalstation (2,33%) behandelt (p=0,018). Im Vergleich dazu konnte bei den Patienten mit Traumata kein signifikanter Zusammenhang der Entwicklung einer sekundären Infektion und einem Aufenthalt auf der Intensivstation hergestellt werden (p=1,0).

### 4.2.6 Revisionseingriffe

Die Ansicht über Revisionseingriffe divergiert in der Literatur. Nach einer Studie von 1977 birgt die Reexploration nach neurochirurgischen Eingriffen kein erhöhtes Risiko für Infektionen (Quadery et al. 1977). In einer Fall-Kontrollstudie bezüglich Risikofaktoren für operationsbezogene Infektionen nach spinalen Eingriffen von Olsen et al. (2003) zeigte sich eine zuvor stattgefundene spinale Operation nicht als Risikofaktor für die Infektionsentwicklung.

Demgegenüber beschrieben Lietard et al. (2008) eine kürzlich zuvor durchgeführte Operation als wichtigen Risikofaktor. Dieser Meinung waren auch Korinek et al. (2008) und werteten Folgeeingriffe als Risikofaktoren für die Entwicklung einer postoperativen Infektion.

## 4.3 Die Antibiotikaprophylaxe

Eine Literaturübersicht über postoperative Infektionen zeigt eine durchschnittliche Infektionsrate von 4,70% bei Patienten ohne eine und 1,72% mit einer perioperativen ABP bei spinalen Eingriffen (Tab. 82 und 83).

*Tab. 82. Literaturübersicht über postoperative Infektionsraten ohne Antibiotikaprophylaxe bei spinalen Eingriffen*

| Autor | Jahr | Fallzahl | Infektionsrate % |
|---|---|---|---|
| Pennybacker et al. | 1947 | 280 | 2,50% |
| Gibson | 1958 | 87 | 6,90% |
| Horwitz und Curtin | 1975 | 128 | 9,30% |
| Mello und Boer | 1982 | 103 | 4,90% |
| Tenney et al. | 1985 | 936 | 0,90% |
| Kala et al. | 1988 | 280 | 3,20% |
| Rubinstein et al. | 1994 | 71 | 12,68% |
| Hodges et al. | 1998 | 126 | 0,80% |
| Rohde et al. | 1998 | 508 | 3,70% |
| Barker | 2002 | 392 | 5,87% |
| Schnöring und Brock | 2003 | 538 | 2,79% |
| Petignat et al. | 2008 | 624 | 2,88% |
| **durchschnittliche Infektionsrate** | | | **4,70%** |

*Tab. 83. Literaturübersicht über postoperative Infektionsraten mit Antibiotikaprophylaxe bei spinalen Eingriffen*

| Autor | Jahr | Fallzahl | Infektionsrate % |
|---|---|---|---|
| Pennybacker et al. | 1947 | 169 | 0,00% |
| Gibson | 1958 | 73 | 0,00% |
| Horwitz und Curtin | 1975 | 323 | 0,60% |
| Malis | 1979 | 1732 | 0,00% |
| Mello und Boer | 1982 | 37 | 0,00% |
| Savitz und Katz | 1986 | 820 | 0,00% |
| Kala et al. | 1988 | 135 | 0,00% |
| Rubinstein et al. | 1994 | 70 | 4,29% |
| Abbey et al. | 1995 | 918 | 3,70% |
| Levi et al. | 1997 | 452 | 3,80% |
| Rohde et al. | 1998 | 1134 | 0,00% |
| Wimmer et al. | 1998 | 850 | 2,59% |
| Picada et al. | 2000 | 817 | 3,20% |
| Weinstein et al. | 2000 | 2391 | 1,90% |
| Barker | 2002 | 451 | 2,22% |
| Blam et al. | 2003 | 3246 | 4,19% |
| Olsen et al. | 2003 | 1918 | 2,76% |
| Schnöring und Brock | 2003 | 492 | 0,20% |
| Mastronardi und Tatta | 2004 | 973 | 0,92% |
| Erman et al. | 2005 | 154 | 3,89% |
| Kanafani et al. | 2006 | 997 | 2,71% |
| Olsen et al. | 2008 | 2316 | 1,99% |
| Petignat et al. | 2008 | 613 | 1,30% |
| Takahashi et al. | 2009 | 1415 | 1,34% |
| Kang et al. | 2010 | 348 | 1,44% |
| **durchschnittliche Infektionsrate** | | | **1,72%** |

Für chirurgische sterile Eingriffe mit niedriger erwarteter Infektionsrate zeigten randomisierte Versuche bereits 1995 den Erfolg einer antibiotischen Prophylaxe (Lewis et al. 1995). In einer großen Meta-Analyse prospektiver Studien demonstrierte Barker (2002) einen statistisch signifikanten Erfolg durch eine ABP in der spinalen Chirurgie mit Senkung der Infektionsraten von 5,9% ohne Antibiotikaprophylaxe auf 2,2% mit Prophylaxe. Bis dahin wurde kein statistisch signifikanter Effekt einer perioperativen Antibiose bei gesondert spinalen Eingriffen präsentiert. Aufgrund der niedrigen Infektionsrate müssten zwar viele Patienten eine Antibiotikatherapie erhalten, um eine einzelne Infektion zu vermeiden, jedoch rechtfertigen die beachtliche Morbidität und die ökonomischen Kosten im Infektionsfall eine perioperative ABP, die damit ihren Nutzen zeigt (Barker 2002; Calderone et al. 1996; Perry et al. 1997).

Für alle Operationsgruppen zusammen lag die Infektionsrate in dieser Studie bei Durchführung einer ABP signifikant höher (6,06%) als ohne ABP (1,35%) ($p<0,01$).

Bei den spinalen Eingriffen konnte ein signifikanter Unterschied der Infektionsraten mit ABP (6,64%) und ohne ABP (2,69%) (p=0,015) festgestellt werden. Ebenfalls bei den peripheren Nerveneingriffen zeigte sich eine signifikant erhöhte Infektionsrate bei ABP (13,33%) im Gegensatz zu ohne ABP (1,07%) (p=0,05). Mit hoher Wahrscheinlichkeit existiert ein Zusammenhang zwischen Entwicklung einer sekundären Infektion und der Durchführung einer perioperativen ABP.

Diese Ergebnisse entsprechen nicht den Angaben in der Literatur, in der meist niedrigere Infektionsraten bei Anwesenheit einer ABP beschrieben wurden. Sie sind am ehesten auf den Einsatz einer ABP bei komplexeren Eingriffen bei älteren Patienten, verlängerter Operations- und Liegedauer oder Aufenthalt auf der Intensivstation zurückzuführen. Einfachere und komplexere Operationen wurden in dieser Studie teilweise zusammengefasst, und der Grund für die Abweichung der Ergebnisse könnte das hier gewählte Studiendesign mit der Einteilung der Eingriffe sein.

Rimoldi und Haye (1996) betrachteten eine perioperative ABP als obligat bei spinalen Eingriffen, und laut einer Studie 2004 von Mastronardi und Tatta 2004 würde dadurch die Inzidenz von postoperativen oberflächlichen und tiefen Wundinfektionen signifikant gesenkt. Gerade bei komplexeren Eingriffen wie spinalen Fusionen wurde in der Literatur eine perioperative ABP empfohlen (Kurz et al. 1996). Doch auch für Diskektomien könnte das postoperative Infektionsrisiko durch eine perioperative ABP sogar um den Faktor 10 gesenkt (Weinstein et al. 2000). Tenney et al. (1985) sahen den größten Gewinn einer ABP für Hochrisikopatienten. Dies wurde auch von Orlando et al. (2007) empfohlen.

Speziell bei den Eingriffen von spinalen Raumforderungen wurde in dieser Studie in 67,5% der Eingriffe eine perioperative ABP verabreicht. Es wurde signifikant eher Tumorpatienten als Patienten ohne Tumorerkrankung eine perioperative ABP gegeben (p<0,01). Relativ häufig zu ungefähr je 45% bei Traumapatienten (p=0,006) und Patienten mit Spinalkanalstenosen (p<0,01) wurde eine perioperative ABP durchgeführt. Weniger komplexe Eingriffe, wie spinale Schmerzinfiltrationen (5,69%; p<0,01) oder periphere Nerveneingriffe (13,89%; p=0,099), erhielten sehr viel seltener eine ABP. Thorakolumbale Eingriffe bekamen etwas häufiger (38,16%) als zervikale (33,09%) Eingriffe eine ABP. Der Unterschied stellte sich jedoch nicht als signifikant dar (p=0,273). Bei Betrachtung der Alterskategorien erhielten signifikant eher jüngere

(0-30 Jahre) und ältere (über 60 Jahre) als Patienten mittleren Alters (31-60 Jahre) eine perioperative ABP (p=0,033). Das Durchschnittsalter lag bei 55,81 Jahren. Es wurden signifkant eher männliche Patienten mit einer perioperativen ABP behandelt (p=0,007). Abhängig von einer verlängerten Operationsdauer (> 2 Stunden) wurde den Patienten signifikant häufiger eine perioperative ABP verabreicht (p<0,01). Ab einer Liegedauer von über einer Woche (> 7 Tage) erhielten die Patienten ebenfalls signifikant häufiger eine ABP (p<0,01). Es zeigt sich ein signifikanter Unterschied bei Aufenthalt auf der Intensivstation und Durchführung einer ABP (p<0,01). Die Patienten auf der Intensivstation (83,33%) hatten signifikant häufiger ein Antibiotikum bekommen als Patienten ohne Aufenthalt auf der Intensivstation (19,24%).

Es wird in der Literatur auf den Gebrauch eines ultrakurzen Protokolls der perioperativen ABP hingewiesen, das nur bei Liquorleckage und bei externer Drainage prolongiert werden sollte (Valentini et al. 2008). Bereits eine Einzeldosis präoperativ, speziell gegen grampositive Keime, wird zur Infektionsprophylaxe als sinnvoll erachtet. (Barker 2002). Die prolongierte prophylaktische ABP sollte limitiert werden (Kanafani et al. 2006), da eine verlängerte Gabe über 24 Stunden die Wahrscheinlichkeit der Infektionen durch resistente Keime, der Medikamentenunverträglichkeiten und der medizinischen Kosten erhöhe und nicht die Inzidenz von Wundinfektionen senke (Fujiwara et al. 2000). Selbst bei Fieberentwicklungen sollte die ABP nicht weitergeführt werden, sondern dies auf den postoperativen Stress geschoben werden (Mastronardi und Tatta 2004).

Bei prolongierter Verabreichung einer ABP (> 24 Stunden) konnte in dieser Studie eine signifikant höhere Infektionsrate (10% versus 2,5% bei ABP ≤ 24 Stunden) festgestellt werden (p=0,006). Speziell in der Operationsgruppe I konnte dieser signifikante Unterschied gefunden werden (p=0,029).

Durch das vornehmliche Auftreten von grampositiven Keimen wird eine adäquate antibiotische Abdeckung dieser Keime, speziell der Staphylokokken, als sinnvoll erachtet (Dempsey et al. 1988; Schnöring und Brock 2003).

Auch in dieser Studie zeigte sich die Anwendung einer grampositiv wirksamen Antibiotikaprophylaxe, vornehmlich durch Cefazolin, einem Cephalosporin der 1. Genera-

tion. Dies erfolgte in den Fällen mit sekundärer Infektion zu 76,47% und in den Fällen ohne Auftreten einer Infektion sogar zu 86,36%.

Aber die Durchführung einer generellen ABP in der Neurochirurgie bleibt trotz nachgewiesener Senkung der operationsbezogenen Infektionen aufgrund der zusätzlich bestehenden Nachteile umstritten (Erman et al. 2005). Nachteile einer Antibiotikabehandlung sind potentielle Überempfindlichkeit, anaphylaktische Reaktionen und Toxizität, Resistenzentwicklung und komplizierende Diarrhoen bei pseudomembranöser Kolitis sowie nicht zuletzt deren zusätzliche Kosten (Rimoldi und Haye 1996). Laut Korinek et al. (2008) fördere eine perioperative ABP eher die Resistenzentwicklung als die Verhinderung einer Meningitis.

Es gibt Richtlinien, wie zum Beispiel die „Guideline for Prevention of Surgical Site Infection (1999)“, um postoperative Infektionen zu vermindern oder zu vermeiden (Mangram et al. 1999). Diese Richtlinien umfassen Empfehlungen zur Vermeidung von postoperativen Infektionen, zeigen Risikofaktoren auf und validieren Maßregeln zur Vermeidung (Mangram et al. 1999).

Zur Vermeidung von postoperativen Infektionen ist die strenge Einhaltung der Asepsis durch das Personal sowie die Hygiene in den Räumlichkeiten von enormer Bedeutung (Capen et al. 1996). Berney hat zudem bereits in einer Studie 1978 gesonderten Wert auf die chirurgische Fertigkeit des Operateurs zur Vermeidung von Infektionen gelegt. Die Studie zeigte, dass mit einer sorgfältigen chirurgischen Technik auch eine antibiotische Prophylaxe vermieden werden konnte. Speziell in der Neurochirurgie gilt es als wichtig, Gewebsverletzungen kleinzuhalten und die Bildung von Residualhämatomen durch insuffiziente Blutstillung zu vermeiden (Leaper 1995).

Die ineinandergreifende und sich ergänzende interdisziplinäre Zusammenarbeit durch Neurochirurgen und Orthopäden im Falle eines spinalen Traumas könnte das Risiko für Infektionen mindern, wohingegen das Infektionsrisiko bei einem einzelnen orthopädischem Operationsteam ein sechsfach erhöhtes Infektionsrisiko zeigte (Blam et al. 2003). Dennoch korreliert ein zahlenmäßig hohes Aufkommen an in Bewegung befindlichem Operationspersonal mit einer erhöhten Kontaminationsgefahr und steigert das Risiko postoperativer Infektionen (Cacciola et al. 2001; Massie et al. 1992). Generell sollte der zu operierende Patient vor einem elektiven spinalen Eingriff

gründlich auf seine präoperativen Risikofaktoren hin untersucht werden, um Hochrisikopatienten von Niedrigrisikopatienten zu trennen (Capen et al. 1996).

## 4.4 Das Keimspektrum

Die für postoperative Infektionen verantwortlichen Erreger können nach der Operationsart, dem Operationsgebiet, epidemiologischen Faktoren und lokaler Ökologie variieren. Postoperative Infektionen werden hauptsächlich durch grampositive Erreger der patienteneigenen physiologischen Hautflora, der mukösen Membranen des Nasenrachenraumes und der Hohlorgane während der Eingriffe verursacht (Dempsey et al. 1988). Andere Organismen können durch kontaminierte chirurgische Instrumente, kontaminierte und traumatisierte Wundgewebe, Operationssäle oder unzureichende chirurgische Technik sowie Sterilisation begünstigt werden (Le et al. 2006).

Das Keimspektrum spinaler Infektionen besteht zu etwa 70-80% aus grampositiven Erregern, zu 15% aus gramnegativen Erregern und zu 5% aus Tuberkulose-Erregern, Anaerobiern, Pilzen und Parasiten (Del Curling et al. 1990; Moskopp und Wassmann 2005). Gerade in endemischen Gebieten sollte differentialdiagnostisch auch an Mykobakterium tuberculosis und Brucellen gedacht werden (Romano et al. 2008).

Die Daten dieser Studie bestätigten ebenfalls einen überwiegenden Anteil an sekundären spinalen Infektionen, ausgelöst durch Staphylokokken. Es konnten 79,41% grampositive Erreger - davon 52,94% Staphylococcus aureus-Erreger - sowie 17,65% gramnegative Erreger und 2,94% Hefen beobachtet werden. Für die primären Infektionen konnten ähnliche Keimspektren mit 63,64% grampositiven und 9,09% gramnegativen Erregern nachgewiesen werden. Bei den Allgemeininfektionen wurden in 54,35% grampositive und in 34,78% gramnegative Erreger sowie in 10,87% Hefepilze isoliert. Haupterreger war der grampositive Enterococcus faecalis, vornehmlich bei genitourinalen Infekten. Insgesamt zeigten sich im Vergleich zu den sekundären Infektionen prozentual weniger grampositive und dafür mehr gramnegative Erreger.

Bei den überwiegend grampositiven Keimen handelt es sich entsprechend der Literatur meist um Staphylococcus aureus (40-70%) als Haupterreger der spinalen post-

operativen Abszesse und Staphylococcous epidermidis (12,9%), gefolgt von Streptokokkeninfektionen (Baker et al. 1975; Danner und Hartmann 1987; Darouiche et al. 1992; Del Curling et al. 1990; Erman et al. 2005; Hernández et al. 2008; Kanafani et al. 2006; Lanfermann et al. 1996). In einer Studie von Weinstein et al. (2000) machten Staphylokokken vom Staphylococcus aureus-Typ 63% der isolierten Erreger aus, wobei in polymikrobiellen Kulturen zu insgesamt 74% Keime der Staphylococcus aureus-Gruppe nachgewiesen wurde. Zusätzlich werden in der Literatur häufig ebenfalls koagulase-negative Staphylokokken als Erreger gefunden (Kanafani et al. 2006). In der Literatur konnten auch bei den Fällen spontaner epiduraler Abszesse in 87% der Infektionsfälle Staphylococcus aureus als Auslöserkeim festgestellt werden (González-López et al. 2009).

In dieser Studie ließen sich bei den primären Infektionen zu annähernd 50% Keime der Staphylokokken-Gruppe nachweisen. Bei den spinalen Abszessen bei sekundären Infektionen zeigten sich zu 50% der Staphylococcus aureus isoliert in einer Kultur, aber nur zu 20% polymikrobiell.

Die häufigsten nachgewiesenen pathogenen Keime der gramnegativen Organismen stellen E. coli und Proteus dar (Mastronardi und Tatta 2004). Gramnegative Keime finden sich häufig in Wunden mit multiplem Erregernachweis (Stambough und Beringer 1992; Weinstein et al. 2000) und auf neurochirurgischen Intensivstationen (Dettenkofer et al. 1999; Laborde et al. 1993). Dabei tritt Pseudomonas aeruginosa häufig bei beatmungsbedingter Pneumonie und E. coli bei katheterassoziierter Harnwegsinfektion auf (O'Shea et al. 2004). Nach O'Shea et al. (2004) wurden die Infektionen des ZNS auf der Intensivstation meist durch gramnegative Keime wie Bacteroides, Enterobacter und Acinetobacter verursacht.

In dieser Studie fanden sich bei den sekundären Infektionen unter den gramnegativen Erregern ebenfalls meist E. coli-Erreger. Insgesamt konnten die gramnegativen Erreger entsprechend der Literatur eher in polymikrobiellen Kulturen als isoliert nachgewiesen werden. Auf der Intensivstation zeigten sich in 60% der polymikrobiellen Kulturen gramnegative Keime. Dabei traten gramnegative Erreger zu 55,56% auf. Alle Kulturen, in denen Enterococcus faecalis nachgewiesen werden konnte, waren Kulturen mit multiplen Erregernachweis. Bei Durchführung einer Antibiotikaprophylaxe war der Anteil der grampositiven Erreger bei sekundären Infektionen geringer mit

70,59% im Vergleich zu den Eingriffen ohne Antibiotikaprophylaxe mit 88,23%. Gramnegative Erreger wurden dagegen häufiger bei den Eingriffen mit Antibiotikaprophylaxe (29,41%) als ohne (5,88%) beobachtet. Entsprechend der Literatur fanden sich bei den Allgemeininfektionen gramnegative Erreger meist in polymikrobiellen Kulturen. Enterococcus faecalis zeigte sich in 77,78% der polymikrobiellen Kulturen, in denen sich zusätzlich gramnegative Erreger befanden. Auf der Intensivstation zeigte sich ein annähernd ausgeglichenes Verhältnis der grampositiven und -negativen Erreger, wobei die gramnegativen wieder hauptsächlich in polymikrobiellen Kulturen nachgewiesen werden konnten. Der Anteil der durch Hefen hervorgerufenen Infektionen war erhöht mit 23,08%.

Insgesamt ist ein zunehmendes Vorkommen von resistenten Krankheitserregern, am ehesten durch Antibiotika-Aufnahme durch die Nahrung aus der Massentierhaltung, aber auch durch den unkritischen und inkorrekten Einsatz von Antibiotika, zu beobachten. In einer Studie von Lietard et al. (2008) war der zweithäufigste Keimnachweis nach einem Staphylococcus aureus (75,8%) ein MRSA-Erreger mit einer Häufigkeit von 17,2%. Diese Dominanz durch antibiotikaresistente Keime wird durch eine Kontamination bereits bei Beginn des operativen Eingriffs vermutet (Lietard et al. 2008). Ebenfalls einen hohen Anteil mit 15% an resistenten MRSA-Erregern von insgesamt 67% Staphylococcus aureus beschrieben Rigamonti et al. (1999). Apisarnthanarak et al. (2003) wiesen in ihrer Studie 7,6% MRSA-Erreger nach.

Bei den sekundären Infektionen fanden sich keine resistenten Erreger in den Keimnachweisen. Lediglich bei den Patienten mit primären Infektionen ergaben sich zweifach MRSA-Nachweise.

Es gibt jedoch auch vereinzelt Studien über Schwellen- und Entwicklungsländer mit einem - im Gegensatz zu den Industrieländern - gehäuften Auftreten von gramnegativen Erregern sowie einem höheren (bis zu 90%) Vorkommen multiresistenter Keime (Huang et al. 2011; Le et al. 2006). Dies war am ehesten zurückzuführen auf ein zuvor zu großzügiges Antibiotikaregime mit zu schnellem, zu unbedachtem und zu breit im Spektrum gewähltem Antibiotikagebrauch, unzureichender Handhygiene, bereits vor der Operation bestehender Kolonisation der meist geschädigten, feuchten Haut mit gramnegativen Bakterien und multiresistenten Keimen sowie auf klimatische Faktoren wie hoher Luftfeuchtigkeit und Wärme in den Krankenhäusern (Le et al. 2006).

Grundsätzlich korreliert eine Kontamination mit multiresistenten Keimen mit einer verschlechterten Prognose (Rigamonti et al. 1999) und stellt auch eine finanzielle Belastung dar (Le et al. 2006).

Bei Patienten mit Operationen nach spinalen traumatischen Verletzungen wurde ein ähnliches Keimspektrum mit einer Prädominanz für grampositive Staphylokokken, speziell 58% Staphylococcus aureus und 50% Koagulase-negativen Staphylokokken, registriert. Zu fast 50% konnte jedoch ein polymikrobiologisches Spektrum nachgewiesen werden (Blam et al. 2003).

In dieser Studie konnte in der Operationsgruppe der Eingriffe bei Traumata und sekundären Infektionen ein Staphylococcus epidermidis nachgewiesen werden.

In der Literatur gelten als Haupterreger von Eingriffen mit zusätzlicher Implantation von Fremdkörpermaterial - beispielsweise zur Wirbelsäulenstabilisierung oder zur Schmerztherapie mittels Schmerzelektroden - grampositive Erreger. Hierbei handelt es sich meist um Staphylococcus epidermidis, einem Keim der physiologischen Hautflora, der das Fremdmaterial besiedelt und durch Antibiotika kaum bekämpft werden kann (Cacciola et al. 2001; Erman et al. 2005; Rimoldi und Haye 1996).

Auch in dieser Studie fanden sich bei den Schmerzeingriffen hauptsächlich (100%) grampositive Erreger, davon ein Staphylococcus epidermidis (33,33%) und zwei Streptokokken-Erreger (66,66%).

Mit der zunehmenden Durchführung von Schmerzeingriffen wie neuroaxialen Blockaden kann es zu Infektionen des zentralen Nervensystems mit spinalen epiduralen Abszessen und Meningitiden kommen. Dabei kann das Erregerspektrum nach der jeweiligen Infektion unterschieden werden. Meningitiden werden meist durch Streptokokken verursacht (Gelfand und Abolnik 1995). Nach Horlocker und Wedel (2008) konnten bei Meningitiden alpha-hämolysierende Streptokokken (zum Beispiel Streptococcus viridans, Streptococcus pneumoniae) aus dem Nasenrachenraum des Operateurs nachgewiesen werden. Bei spinalen epiduralen Abszessen fand sich in den Kulturen vorrangig Staphylococcus aureus (Horlocker und Wedel 2008).

Als Auslöser einer Meninigitis gelten Hautkeime, die jedoch bei Durchführung einer perioperativen ABP nicht mehr kultiviert werden konnten. Dagegen fanden sich mit

ABP resistentere Keime in den Kulturen, die im Zusammenhang mit einer erhöhten Mortalitätsrate durch die Meningitis standen (Korinek et al. 2008). Geographische Unterschiede und das Alter des Patienten spielen für den ursächlichen Keim einer Meningitis eine wichtige Rolle. Im Erwachsenenalter liegt die Ursache hauptsächlich in Meningokokken, gefolgt von Pneumokokken, Pilzen sowie Parasiten. Bei den viralen Meningitiden liegen zahlreiche verschiedene Erreger zugrunde, wie beispielsweise Varizella-Zoster-Virus, Epstein-Barr-Virus, Mumps-Virus, Masern-Virus und Herpes-Simplex-Virus (Schmutzhard 2000).

Zu 100% konnten in dieser Studie im Falle einer Meningitis grampositive Keime, davon zu 50% Streptokokken, nachgewiesen werden.

Um das Risiko einer Keimverschleppung besonders durch MRSA zu reduzieren, empfehlen sich die Einhaltung steriler Operationstechniken und bei Keimnachweis mit MRSA eine präoperative antibiotische Behandlung in der Nase. Präoperativ schon bestehende Infektionen durch Keimbesiedlung erhöhen deutlich das Risiko für postoperative Infektionen oder können diese verursachen (Stambough und Beringer 1992). In einer Studie von Stambough und Beringer (1992) entsprach der Erreger bei 4 von 5 Patienten mit einem Wundinfekt dem eines begleitenden Harnweginfektes.

## 4.5 Diskussion der Methode

Im Rahmen der vorliegenden Studie wurden retrospektiv die Daten von Patienten registriert, die sich zu einem definierten Zeitraum in dieser Klinik einem neurochirurgischen Eingriff unterzogen. Zur Homogenisierung der sehr unterschiedlichen Operationen erfolgten in Anlehnung an gängige Unterteilungen in existierenden Publikationen Zuordnungen in bestimmte Operationskategorien. Dadurch konnten verschiedene Eingriffe innerhalb ihrer Gruppe vergleichbar gemacht werden. Zudem erfolgte eine Analyse potentieller Risikofaktoren für Infektionen, eine Untersuchung der Rolle einer perioperativen Antibiotikaprophylaxe und eine Beschreibung des Keimspektrums.

Durch die Untergliederung in Operationsgruppen konnten Eingriffe mit ähnlichem Risikoprofil vergleichbar gemacht werden. Teilweise wäre eine verfeinerte Untergliederung, beispielsweise in der Gruppe der Bandscheibeneingriffe, zusätzlich sinnvoll gewesen. Andererseits würde eine feinere Untergliederung eine umso höhere Stich-

probenzahl erfordern und sich die Studie über einen längeren Zeitraum erstrecken. Die Identifizierung von Risikofaktoren ist wichtig zur Prävention von postoperativen Komplikationen mit ihren Folgen. Einige wichtige Risikofaktoren aus der gängigen Literatur wurden in dieser Studie untersucht. Es existieren jedoch auch weitere potentielle Risikofaktoren (z. B. Diabetes mellitus, Langzeit-Steroidtherapie, Adipositas/Malnutrition, Fumatorium, Alkoholabusus, Erfahrenheit des Operateurs, intraoperativer transfusionsbedürftiger Blutverlust), die analysiert werden könnten. Die Umsetzung der Analyse weiterer Faktoren muss umsetzbar sein und erfordert eine lückenlose Aktenlage. Wie in dieser Studie finden sich zahlreiche Publikationen über spinale Eingriffe retrospektiver Natur. Sie beinhalten häufig eine für Statistiken zu geringe Stichprobenanzahl von Patienten, um es für eine Abteilung möglich zu machen signifikante Ergebnisse daraus zu ziehen. Im Allgemeinen finden sich auch meist niedrige Infektionsraten. Aus diesen Gründen müssen bei retrospektiven Studien längere Perioden betrachtet werden. In dieser Zeit kann sich jedoch die Infektsituation durch signifikante Änderungen in der chirurgischen Praxis verändern. Durch die Retrospektivität kann der Eingriff zudem mit dem postoperativen Verlauf nicht direkt beobachtet werden. Die Informationen werden aus der Krankenakte entnommen. Sie sind teilweise nicht aufschlussreich oder nicht vollständig genug. Verluste von Datensätzen - menschlich oder elektronisch verursacht - sowie Ausschlusskriterien können zu Studienfehlern oder zu Verzerrungen führen. Als schwierig stellt sich auch die komplette Erfassung der Infektionsfälle, speziell der Spätinfektionen, heraus. Es erfolgte in dieser Arbeit nur eine Registrierung als Infektionsfall bei Auftritt der Infektion noch während des stationären Aufenthalts oder bei Wiedervorstellung. Verstorbene Patienten sowie in anderen Kliniken oder Praxen weiterbehandelte Patienten wurden nicht erfasst. Auch zur Untersuchung der Effizienz einer perioperativen ABP sind retrospektive Studien nur limitiert einsetzbar und prospektive Studien, z. B. Fall-Kontrollstudien, zum Vergleich von Vorteil.

Die Statistik dieser retrospektiven Studie ist teilweise deskriptiv, aber aufgrund des überdurchschnittlich großen Umfangs und der zugrundeliegenden Stichprobe erscheinen die Ergebnisse statistisch aussagekräftig. Unklar ist jedoch, ob die Stichprobe nach Unterteilung in verschiedene Operationsgruppen und Untergruppen statistisch repräsentativ für die Zielpopulation ist.

# 5 Zusammenfassung

Das Thema der vorliegenden Arbeit ist die Analyse von Einflussfaktoren auf Infektionsraten nach neurochirurgischen Eingriffen und die Untersuchung des Nutzens einer perioperativen Antibiotikaprophylaxe.

Retrospektiv wurden hierfür Daten von Patienten aus der neurochirurgischen Abteilung über einen definierten Zeitraum erfasst und ausgewertet. Aufgrund eines breiten Spektrums heterogener Eingriffe erfolgte in Anlehnung an vorhandene Veröffentlichungen eine Unterteilung in spezielle Operationsgruppen und Untergruppen.

Als signifikant wichtiger Risikofaktor für die Entwicklung von SSI´s zeigten sich die Operationsgruppen und Untergruppen. Abhängig von der Eingriffsart und parallel zur zunehmenden Komplexität des Eingriffs konnte ein ansteigendes Risiko zur Entwicklung sekundärer Infektionen beobachtet werden. Die höchste Infektionsrate wurde bei den Eingriffen spinaler Tumoren festgestellt. In absteigender Reihenfolge hinsichtlich der Komplexität und des Risikos fanden sich dann die Infektionen nach Eingriffen bei spinalen Traumata, bei Spinalkanalstenosen, bei Bandscheibenvorfällen, bei peripheren Nerven-Läsionen und bei Schmerzeingriffen. Die Höhenlokalisation an der Wirbelsäule, das Alter und das Geschlecht konnten nicht als signifikante Risikofaktoren für die Entwicklung von SSI´s beschrieben werden. Nur in der Gruppe der Wirbelsäuleneingriffe korrelierte ein höheres Alter signifikant mit einer erhöhten Infektionsrate. Eine verlängerte Operationsdauer (> 2 Stunden), eine verlängerte Liegedauer (> 7 Tage) und ein Aufenthalt postoperativ auf der Intensivstation > 48 Stunden wurden signifikant mit der Entwicklung einer sekundären Infektion in Verbindung gebracht und als Risikofaktoren gewertet. Ein Aufenthalt von > 48 Stunden auf der Intensivstation korrelierte ebenfalls signifikant mit einer erhöhten Allgemeininfektionsrate.

Entgegen den Angaben in der Literatur ließ sich in dieser Studie keine Senkung der Infektionsrate durch eine perioperative Antibiotikaprophylaxe erzielen. Die Infektionsraten lagen bei Durchführung einer Antibiotikaprophylaxe signifkant höher als bei Verzicht auf diese. Ursächlich könnte ein tatsächlich negativer Einfluss einer perioperativen Antibiotikaprophylaxe, ein fehlerhaftes Studiendesign oder am wahr-

scheinlichsten der Einsatz einer perioperativen Antibiotikaprophylaxe bei bestimmten Eingriffen sein, die mit einem höheren Infektionsrisiko behaftet sind. Es wurde bei diesen komplexeren Eingriffen jeweils signifikant häufiger eine perioperative Antibiotikaprophylaxe verabreicht und bei einfacheren Eingriffen wie den Schmerzeingriffen signifikant eher auf eine perioperative Antibiotikaprophylaxe verzichtet. Signifikant häufiger erfolgte die Verabreichung einer perioperativen Antibiotikaprophylaxe bei Patienten jüngeren (< 30 Jahre) oder höheren (> 60 Jahre) Alters, bei männlichen Patienten, bei einer Operationsdauer > 2 Stunden, bei einer Liegedauer > 7 Tage und bei einem Aufenthalt auf der Intensivstation > 48 Stunden. Es konnten signifikant geringere Infektionsraten durch ein kurzes Antibiotikaprophylaxenprotokoll (*Single-shot* oder bis maximal ≤ 24 Stunden Einsatz) festgestellt werden als durch eine prolongierte Verabreichung (> 24 Stunden). Vorzugsweise erfolgte die perioperative Antibiotikaprophylaxe mit Cefazolin, einem Cephalosporin der 1. Generation, mit gutem Wirkungsspektrum gegen grampositive Erreger.

Es konnten kaum Unterschiede des Keimspektrums, abhängig von der Eingriffsart und abhängig vom Operationsgebiet gefunden werden. Für spinale Eingriffe mit sekundären Infektionen wurden vornehmlich grampositive Erreger, an erster Stelle Staphylococcus aureus, festgestellt. Die gramnegativen Erreger und die Pilze machten einen wesentlich geringeren Anteil aus. Auch im Fall sekundärer Infektionen nach Traumaeingriffen oder nach Schmerzeingriffen bei Trigeminusneuralgie wurden als ursächliche Keime grampositive Erreger nachgewiesen. Es zeigten sich jedoch unterschiedliche Keimspektren bei den verschiedenen Infektionskategorien und abhängig von einer Antibiotikaprophylaxe. In den Fällen von Allgemeininfektionen konnte im Vergleich zu den sekundären Infektionen eine deutliche Verlagerung der Häufigkeit zugunsten der gramnegativen Erreger und der Pilze beobachtet werden, wobei weiterhin der größte Anteil durch die grampositiven Erreger ausgemacht wurde. Als grampositiver Haupterreger konnte bei den Allgemeininfektionen Enterococcus faecalis isoliert werden. Als Haupterreger der gramnegativen Keime wurde E. coli festgestellt. Gramnegative Erreger allgemein und der grampositive Enterococcus faecalis-Erreger traten meist polymikrobiell auf. Auch bei den Infektionen auf der Intensivstation konnte diese zahlenmäßige Verschiebung hin zu den gramnegativen Erregern und erst recht zu den Pilzen festgestellt werden. Bei Durchführung einer Antibio-

tikaprophylaxe konnten im Infektionsfall mehr gramnegative und weniger grampositive Keimnachweise erfolgen.

Letztlich bleiben die operationsbezogenen Infektionen ein großes und wichtiges Problem in der Neurochirurgie. Über die Analyse signifikanter Risikofaktoren konnten Eingriffe mit hohem Risikoprofil aufgezeigt werden, um eine Infektionsprophylaxe durchzuführen. Die Verwendung einer perioperativen Antibiotikaprophylaxe sollte auf die komplexeren Eingriffe mit einem höheren Risikoprofil limitiert werden und einem ultrakurzen Protokoll folgen. Denkbar wären eine weitere Ergänzung der zu untersuchenden Risikofaktoren und eine verfeinerte Untergliederung der Operationsgruppen zur weiteren Homogenisierung der Patientenpopulation. Es müssen einheitliche Definitionen mit Umfassung aller notwendigen Variablen formuliert werden, um ein uniformes und reproduzierbares Studiendesign zu entwickeln. Idealerweise sollten die Studien prospektiv sein, eine kurze Periode umfassen und zur Erfassung großer Fallzahlen in mehreren Zentren durchgeführt werden. Dies gilt insbesondere für die Untersuchung der Effizienz einer perioperativen Antibiotikaprophylaxe. Eine anschließende Auswertung der Daten aus verschiedenen Zentren zur Entwicklung von Leitlinien erscheint sinnvoll.

# 6 Anhang

## 6.1 Abkürzungsverzeichnis

| | |
|---|---|
| Abb. | Abbildung |
| ABP | perioperative Antibiotikaprophylaxe |
| ASA | American Society of Anesthesiologists |
| BSV | Bandscheibenvorfall/Bandscheibenvorfälle |
| bzw. | beziehungsweise |
| d | Tag/Tage |
| E. coli | Escherichia coli |
| engl. | englisch |
| et al. | et alii |
| h | Stunden |
| Hrsg. | Herausgeber |
| HWI | Harnwegsinfekt |
| Inf. | Infektion |
| INF | Infiltration |
| J | Journal |
| Jg. | Jahrgang |
| k. A. | keine Angabe |
| KI | Konfidenzintervall |
| Max | Maximum |
| Min | Minimum |
| MRSA | Methicillin-resistenter Staphylococcus aureus |
| n | Anzahl |
| NHSN | National Healthcare Safety Network |

| | |
|---|---|
| NNIS | National Nosocomial Infection Surveillance |
| NRZ | Nationales Referenzzentrum für Surveillance von nosokomialen Infektionen |
| OP | Operation |
| OR | Odd´s Ratio |
| p | probability (engl. Wahrscheinlichkeit) |
| pm | polymikrobiell |
| RTI | Infekt des Respirationstraktes |
| S. | Seite |
| SD | Standard Abweichung |
| SKS | Spinalkanalstenosen |
| s.o. | siehe oben |
| SRF | spinale Raumforderungen |
| SSI | surgical site infection (engl. operationsbezogene Infektion) |
| Staph. | Staphylococcus |
| Tab. | Tabelle |
| TGN | Trigmeninusneuralgie |
| u.a. | unter anderem |
| z. B. | zum Beispiel |

## 6.2 Abbildungsverzeichnis

Abb. 1. Eingriffe unterteilt in spinale, intrakranielle und Eingriffe mit fehlender Datenlage ....8
Abb. 2. Infektionskategorien ....10
Abb. 3. Operationsgruppen mit entsprechender Anzahl der Patienten in Klammern ....11
Abb. 4. Operationsgruppen der 1495 nicht-intrakraniellen neurochirurgischen Eingriffe ....17
Abb. 5. Eingriffshöhe bei Eingriffen bei 48 spinalen Raumforderungen ....19
Abb. 6. Eingriffshöhe bei Eingriffen bei 22 spinalen Traumata ....19
Abb. 7. Verteilung der Eingriffe in Operationsgruppe ....20
Abb. 8. Anteil der primären und postoperativen Infektionen aller 1495 Eingriffe ....20
Abb. 9. Reine allgemeine, simultane und sekundäre Infektionen ....21
Abb. 10. Verteilung der primären Infektionen auf die Infektionsarten ....22
Abb. 11. Vergleich Altersdurchschnitt Operationsgruppe I und II ....23
Abb. 12. Vergleich durchschnittliche Operationsdauer mit und ohne primäre Infektion ....23
Abb. 13. Vergleich durchschnittliche Operationsdauer Operationsgruppe I und II ....24
Abb. 14. Durchschnittliche Liegedauer mit und ohne primäre Infektion ....24
Abb. 15. Durchschnittliche Liegedauer und Operationsgruppen mit primären Infektionen ....25
Abb. 16. 34 sekundäre Infektionen bei 1484 Eingriffen ohne primäre Infektion ....27
Abb. 17. Altersdurchschnitt mit und ohne sekundäre Infektion ....29
Abb. 18. Altersgruppen der 34 Patienten mit sekundären Infektionsfällen ....30
Abb. 19. Geschlechterverteilung der 34 Patienten mit sekundären Infektionen ....31
Abb. 20. Durchschnittliche Operationsdauer mit und ohne sekundäre Infektion ....32
Abb. 21. Durchschnittliche Liegedauer mit sekundärer Infektion und ohne Infektion ....34
Abb. 22. Durchschnittliche Liegedauer und Operationsgruppen mit sekundären Infektionen ....35
Abb. 23. Verteilung der Erreger bei sekundären Infektionen ....41
Abb. 24. Sekundäre Infektionen der Operationsgruppe I ....45
Abb. 25. Altersdurchschnitt mit Allgemeininfektion und ohne Infektion ....59
Abb. 26. Operationsdauer mit Allgemeininfektion und ohne Infektion ....60
Abb. 27. Durchschnittliche Liegedauer mit Allgemeininfektion und ohne Infektion ..61
Abb. 28. Anzahl ambulante versus stationäre Fälle mit Antibiotikaprophylaxe und ohne ....72

Abb. 29. Anzahl der Mehrfacheingriffe bei sekundären Infektionen und Revisionen in den Operationsgruppen .....73

## 6.3 Tabellenverzeichnis

Tab. 1. Operationsgruppen unterteilt in Diagnoseuntergruppen ..... 17
Tab. 2. Unterteilung und Größe der Gruppe I in Eingriffshöhe ..... 18
Tab. 3. Primäre Infektionsfälle und primär aseptische Eingriffe ..... 21
Tab. 4. Alter primäre Infektion ..... 22
Tab. 5. Operationsdauer primäre Infektion ..... 23
Tab. 6. Liegedauer primäre Infektion ..... 24
Tab. 7. Keimspektrum der 11 primären Infektionen unterteilt nach Erregern ..... 26
Tab. 8. Sekundäre Infektionen bei 1484 Eingriffen ohne primäre Infektion ..... 27
Tab. 9. Sekundäre Infektionen bei 34 Patienten unterteilt nach Operations- und Diagnoseuntergruppen ..... 28
Tab. 10. Altersdurchschnitt sekundärer Infektionen von 34 Patienten mit sekundären Infektionen ..... 28
Tab. 11. Altersdurchschnitt der Patienten ohne primäre oder sekundäre Infektionen ..... 28
Tab. 12. Altersdurchschnitt der Patienten in den Operationsgruppen mit sekundären Infektionen ..... 29
Tab. 13. Altersdurchschnitt der Patienten in den Operationsgruppen ohne primäre oder sekundäre Infektionen ..... 29
Tab. 14. Infektionsraten nach Alterskategorien ..... 30
Tab. 15. Durchschnittliche Operationsdauer sekundärer Infektionen ..... 31
Tab. 16. Durchschnittliche Operationsdauer ohne primäre oder sekundäre Infektionen ..... 31
Tab. 17. Durchschnittliche Operationsdauer mit anschließenden sekundären Infektionen ..... 32
Tab. 18. Durchschnittliche Operationsdauer ohne primäre oder sekundäre Infektionen ..... 32
Tab. 19. Infektionsraten nach Operationsdauer ..... 33
Tab. 20. Durchschnittliche Liegedauer mit sekundären Infektionen ..... 34
Tab. 21. Durchschnittliche Liegedauer ohne primäre oder sekundäre Infektionen ..... 34
Tab. 22. Durchschnittliche Liegedauer der Operationsgruppen bei sekundärer Infektion ..... 34
Tab. 23. Durchschnittliche Liegedauer der Operationsgruppen ohne primäre oder sekundäre Infektion ..... 35
Tab. 24. Infektionsraten nach Liegedauerkategorien ..... 36
Tab. 25. Infektionsrate mit und ohne perioperative Antibiotikaprophylaxe ..... 37
Tab. 26. Infektionsraten nach Antibiotikaprophylaxe ..... 38
Tab. 27. Dauer und Art der Antibiotikaprophylaxe bei sekundärer Infektion ..... 38

Tab. 28. Dauer und Art der Antibiotikaprophylaxe ohne postoperative Infektion .....39
Tab. 29. Antibiotikaprophylaxe mit Operationsgruppen sekundäre Infektionen .....39
Tab. 30. Keimspektrum bei sekundären Infektionen .....40
Tab. 31. Keimspektrum sekundärer spinaler Abszesse und Wundinfektionen (polymikrobielle und isolierte Kulturen) .....42
Tab. 32. Keimspektrum sekundärer Meningitiden .....42
Tab. 33. Keimspektrum sekundärer Infektionen mit perioperativer Antibiotikaprophylaxe .....43
Tab. 34. Keimspektrum sekundärer Infektionen ohne perioperative Antibiotikaprophylaxe .....44
Tab. 35. Sekundäre Infektionen der Operationsgruppe I .....45
Tab. 36. Sekundäre Infektionen nach zervikalen und lumbalen Eingriffe in der Operationsgruppe I .....46
Tab. 37. Altersdurchschnitt sekundäre Infektionen Operationsgruppe I .....47
Tab. 38. Altersdurchschnitt ohne Infektionen Operationsgruppe I .....47
Tab. 39. Durchschnittliche Operationsdauer in der Operationsgruppe I mit sekundären Infektionen .....48
Tab. 40. Durchschnittliche Operationsdauer in der Operationsgruppe I ohne Infektionen .....48
Tab. 41. Durchschnittliche Liegedauer in der Operationsgruppe I mit sekundären Infektionen .....48
Tab. 42. Durchschnittliche Liegedauer in der Operationsgruppe I ohne Infektionen .....49
Tab. 43. Antibiotikaprophylaxe in der Operationsgruppe I .....49
Tab. 44. Keimspektrum in der Operationsgruppe I mit einer sekundären Infektion .....50
Tab. 45. Verteilung des Keimspektrums Operationsgruppe I .....50
Tab. 46. Altersdurchschnitt sekundäre Infektionen Operationsgruppe II .....52
Tab. 47. Altersdurchschnitt ohne Infektionen Operationsgruppe II .....52
Tab. 48. Durchschnittliche Operationsdauer sekundäre Infektionen Operationsgruppe II .....52
Tab. 49. Durchschnittliche Operationsdauer ohne Infektionen Operationsgruppe II .....52
Tab. 50. Durchschnittliche Liegedauer sekundäre Infektionen Operationsgruppe II .....53
Tab. 51. Durchschnittliche Liegedauer ohne Infektionen Operationsgruppe II .....53
Tab. 52. Antibiotikaprophylaxe bei Operationsgruppe II .....53
Tab. 53. Keimspektrum sekundärer Infektionen Operationsgruppe II .....54
Tab. 54. Antibiotikaprophylaxe bei Operationsgruppe III .....55

Tab. 55. Allgemeininfektionen bei Eingriffen ohne primäre Infektion .....56
Tab. 56. Allgemeininfektionen unterteilt in reine Allgemeininfektionen und Simultaninfektionen .....57
Tab. 57. Verteilungen der Allgemeininfektionen unterteilt in reine Allgemeininfektionen und Simultaninfektionen .....57
Tab. 58. Verteilungen auf Wirbelsäulenhöhe unterteilt in reine Allgemeininfektionen und Simultaninfektionen .....58
Tab. 59. Altersdurchschnitt Allgemeininfektion .....58
Tab. 60. Operationsdauer mit darauffolgender Allgemeininfektion .....59
Tab. 61. Liegedauer Allgemeininfektion.....60
Tab. 62. Antibiotikaprophylaxe bei Allgemein- und Simultaninfektionen.....62
Tab. 63. Infektionsraten nach Antibiotikaprophylaxe und Operationsgruppen.....62
Tab. 64. Dauer und Art der Antibiotikaprophylaxe bei Allgemein- und Simultaninfektionen .....63
Tab. 65. Antibiotikaprophylaxe mit Operationsgruppen Allgemeininfektionen .....63
Tab. 66. Keimspektrum reine Allgemeininfektionen.....64
Tab. 67. Verteilung des Keimspektrums Operationsgruppe I und II .....65
Tab. 68. Keimspektrum Simultaninfektionen .....67
Tab. 69. Mit und ohne Antibiotikaprophylaxe bei primär aseptischen Eingriffen und Operationsgruppen.....68
Tab. 70. Altersdurchschnitt mit und ohne Antibiotikaprophylaxe .....69
Tab. 71. Rate der Antibiotikaprophylaxe altersabhängig .....69
Tab. 72. Geschlechter und Antibiotikaprophylaxe .....70
Tab. 73. Operationsdauer mit und ohne Antibiotikaprophylaxe .....70
Tab. 74. Rate der Antibiotikaprophylaxe operationsdauerabhängig .....70
Tab. 75. Liegedauer mit und ohne Antibiotikaprophylaxe .....71
Tab. 76. Rate der Antibiotikaprophylaxe liegedauerabhängig .....71
Tab. 77. Rate der Antibiotikaprophylaxe mit Intensivstation .....71
Tab. 78. Antibiotikaprophylaxe bei postoperativ aseptischen Eingriffen .....72
Tab. 79. Literaturübersicht über postoperative Infektionsraten in der Neurochirurgie .....74
Tab. 80. Literaturübersicht über postoperative Infektionsraten bei spinalen neurochirurgischen Eingriffen .....75
Tab. 81. Literaturübersicht über postoperative Allgemeininfektionsraten .....77
Tab. 82. Literaturübersicht über postoperative Infektionsraten ohne Antibiotikaprophylaxe bei spinalen Eingriffen .....91
Tab. 83. Literaturübersicht über postoperative Infektionsraten mit Antibiotikaprophylaxe bei spinalen Eingriffen .....92

## 6.4 Access-Erhebungsbogen

# 7 Literaturverzeichnis

Abbey DM, Turner DM, Warson JS, Wirt TC, Scalley RD (1995): Treatment of post-operative wound infections following spinal fusion with instrumentation. J Spinal Disord 8(4), 278-283

Apisarnthanarak A, Jones M, Waterman BM, Carroll CM, Bernardi R, Fraser VJ (2003): Risk factors for spinal surgical-site infections in a community hospital: a case-control study. Infect Control Hosp Epidemiol 24(1), 31-36

Baker AS, Ojemann RG, Swartz MN, Richardson EP Jr (1975): Spinal epidural abscess. N Engl J Med 293(10), 463-468

Balch RE (1967): Wound infections complicating neurosurgical procedures. J Neurosurg 26(1), 41-45

Barker F 2nd G (2002): Efficacy of prophylactic antibiotic therapy in spinal surgery: a meta-analysis. Neurosurgery 51(2), 391-401

Behnke M, Gastmeier P, Geffers C, Gropmann A, Hansen S, Leistner R, Meyer E, Pena-Dias LA, Piening B, Sohr D, Mielke M (2012): Deutsche Daten im Rahmen der ersten europäischen Prävalenzerhebung zum Vorkommen nosokomialer Infektionen und zur Antibiotikaanwendung. Epidemiol Bull 26, 239-240

Beiner JM, Grauer J, Kwon BK., Vaccaro AR (2003): Postoperative wound infections of the spine. Neurosurg Focus 15(3), E14

Belzunegui J, Del Val N, Intxausti JJ, De Dios JR, Queiro R, González C, Rodríguez-Valverde V, Figueroa M (1999): Vertebral osteomyelitis in northern Spain. Report of 62 cases. Clin Exp Rheumatol 17(4), 447-452

Berney J (1978): Preventive antibiotic therapy in neurosurgery. Helv Chir Acta 45(4-5), 487-495

Blam OG, Vaccaro AR, Vanichkachorn JS, Albert TJ, Hilibrand AS, Minnich JM, Murphey SA (2003): Risk factors for surgical site infection in the patient with spinal injury. Spine 28(13), 1475-1480

Blomstedt GC (1985): Infections in neurosurgery: a retrospective study of 1143 patients and 1517 operations. Acta Neurochir 78(3-4), 81-90

Börm W, Meyer F: Spinale Neurochirurgie. Operatives Management von Wirbelsäulenerkrankungen. Schattauer Verlag, Stuttgart 2008

Boston KM, Baraniuk S, O'Heron S, Murray KO (2009): Risk factors for spinal surgical site infection, Houston, Texas. Infect Control Hosp Epidemiol 30(9), 884-889

Cacciola F, Cioffi F, Anichini P, Di Lorenzo N (2001): Antibiotic prophylaxis in clean neurosurgery. J Chemother 13(1), 119-122

Calderone RR, Garland DE, Capen DA, Oster H (1996): Cost of medical care for postoperative spinal infections. Orthop Clin North Am 27(1), 171-182

Calvo JM, Ramos JL, Garcia F, Bureo JC, Bureo P, Perez M (2000): Pyogenic and non-pyogenic vertebral osteomyelitis: descriptive and comparative study of a series of 40 cases. Enferm Infecc Microbiol Clin 18(9), 452-456

Capen DA, Calderone RR, Green A (1996): Perioperative risk factors for wound infections after lower back fusions. Orthop Clin North Am 27(1), 83-86

Colmenero JD, Jimenez-Mejias ME, Sanchez-Lora FJ, Reguera JM, Palomino-Nicas J, Martos F, García de las Heras J, Pachón J (1997): Pyogenic, tuberculous, and brucellar vertebral osteomyelitis: a descriptive and comparative study of 219 cases. Ann Rheum Dis 56(12), 709-715

Dandy WE (1926): Abscesses and inflammatory tumors in the spinal epidural space (So-called pachymeningitis externa). Arch Surg 13(4), 477-494

Danner RL, Hartman BJ (1987): Update on spinal epidural abscess: 35 cases and review of the literature. Rev Infect Dis 9(2), 265-274

Darouiche RO, Hamill RJ, Greenberg SB, Weathers SW, Musher DM (1992): Bacterial spinal epidural abscess. Review of 43 cases and literature survey. Medicine (Baltimore) 71(6), 369-385

Davis DP, Wold M, Patel RJ, Tran AJ, Tokhi RN, Chan TC, Vilke GM (2004): The clinical presentation and impact of diagnostic delays on emergency department patients with spinal epidural abscess. J Emerg Med 26(3), 285-291

Del Curling O Jr, Gower DJ, McWhorter JM (1990): Changing concepts in spinal epidural abscess: a report of 29 cases. Neurosurgery 27(2), 185-192

Dempsey R, Rapp RP, Young B, Johnston S, Tibbs P (1988): Prophylactic parenteral antibiotics in clean neurosurgical procedures: a review. J Neurosurg 69(1), 52-57

Dettenkofer M, Ebner W, Hans F J, Forster D, Babikir R, Zentner J, Pelz K, Daschner FD (1999): Nosocomial infections in a neurosurgery intensive care unit. Acta Neurochir 141(12), 1303-1308

Edwards JR, Peterson KD, Andrus ML, Tolson JS, Goulding JS, Dudeck MA, Mincey RB, Pollock DA, Horan DC, NHSN Facilities (2007): National Healthcare Safety Network (NHSN) Report, data summary for 2006, issued June 2007. Am J Infect Control 35(5), 290-301

Epstein N (2011): Preoperative, intraoperative, and postoperative measures to further reduce spinal infections. Surg Neurol Int 2, 17

Erman T, Demirhindi H, Gocer AI, Tuna M, Ildan F, Boyar B (2005): Risk factors for surgical site infections in neurosurgery patients with antibiotic prophylaxis. Surg Neurol 63(2), 107-113

Fujiwara K, Suda S, Ebina T (2000): Efficacy of antibiotic prophylaxis in clean neurosurgical operations: a comparison of seven-day versus one-day administration. No Shinkei Geka 28(5), 423-427

Gastmeier P, Geffers C (2008): Nosokomiale Infektionen in Deutschland: Wie viele gibt es wirklich? Eine Schätzung für das Jahr 2006. Dtsch med Wochenschr 133(21), 1111-1115

Gaynes RP, Culver DH, Horan TC, Edwards JR, Richards C, Tolson JS (2001): Surgical site infection (SSI) rates in the United States, 1992-1998: the National Nosocomial Infections Surveillance System basic SSI risk index. Clin Infect Dis 33(2), 69-77

Gelfand MS, Abolnik IZ (1995): Streptococcal meningitis complicating diagnostic myelography: three cases and review. Clin Infect Dis 20(3), 582-587

Geraghty J, Feely M (1984): Antibiotic prophylaxis in neurosurgery. A randomized controlled trial. J Neurosurg 60(4), 724-726

Gibson RM (1958): Application of antibiotics (Polybactrin) in surgical practice using the aerosole technique. Br Med J 1(5083), 1326-1327

González-López JJ, Górgolas M, Muñiz J, López-Medrano F, Bárnes PR, Fernández Guerrero ML (2009): Spontaneous epidural abscess: analysis of 15 cases with emphasis on diagnostic and prognostic factors. Eur J Intern Med 20(5), 514-517

Gorchynski J, Hwang J, McLaughlin T (2009): A methicillin-resistant Staphylococcus aureus-positive holospinal epidural abscess. Am J Emerg Med 27(4), 514.e7-9

Haines SJ (1980): Systemic antibiotic prophylaxis in neurological surgery. Neurosurgery 6, 355-361

Haines SJ, Walters BC (1994): Antibiotic prophylaxis for cerebrospinal fluid shunts: a metanalysis. Neurosurgery 34(1), 87-92

Hernández AG, Fernández JC, Pi OF, Román MP, Toledo VA, Gallego JH (2008): Epidural spinal abscesses. Review of a clinical serie. Neurologia 2, 85-90

Herwaldt LA, Cullen JJ, Scholz D, French P, Zimmerman MB, Pfaller MA, Wenzel RP, Perl TM (2006): A prospective study of outcomes, healthcare resource utilization, and costs associated with postoperative nosocomial infections. Infect Control Hosp Epidemiol 27(12), 1291-1298

Hlavin ML, Kaminski HJ, Ross JS, Ganz E (1990): Spinal epidural abscess: a ten-year perspective. Neurosurgery 27(2),177-184

Hodges SD, Humphreys SC, Eck JC, Covington LA, Kurzynske NG (1998): Low postoperative infection rates with instrumented lumbar fusion. South Med J 91(12), 1132-1136

Horlocker TT, Wedel DJ (2008): Infectious complications of regional anesthesia. Best Pract Res Clin Anaesthesiol 22(3), 451-475

Horwitz NH, Curtin JA (1975): Prophylactic antibiotics and wound infections following laminectomy for lumber disc herniation. J Neurosurg 43(6), 727-731

Hosein IK, Hill DW, Hatfield RH (1999): Controversies in the prevention of neurosurgical infection. J Hosp Infect 43(1), 5-11

Huang CR, Lu CH, Chuang YC, Chen SF, Tsai NW, Chang CC, Lui CC, Wang HC, Chien CC, Chang WN (2011): Clinical characteristics and therapeutic outcome of Gram-negative bacterial spinal epidural abscess in adults. J Clin Neurosci 18(2), 213-217

Iacob G, Iacob S, Cojocaru I (2007): Prophylactic antibiotics in neurosurgery. Rev Med Chir Soc Med Nat Iasi 111(3), 643-648

Ilic M, Markovic-Denic L (2009): Nosocomial infections prevalence study in a Serbian university hospital. Vojnosanit Pregl 66(11), 868-875

Kala M, Andrs M, Vaverka M, Nekula J (1988): Importance of antibiotics fort he prevention of postoperative spondylodiscitis. Acta Univ Palacki Olomuc Fac Med 118, 137-141

Kanafani ZA, Dakdouki GK El-Dbouni O. Bawwab T. Kanj SS (2006): Surgical site infections following spinal surgery at a tertiary care center in Lebanon: Incidence, microbiology, and risk factors. Scand J Infect Dis 38, 589-592

Kang BU, Lee SH, Ahn Y, Choi WC, Choi YG (2010): Surgical site infection in spinal surgery: detection and management based on serial C-reactive protein measurements. J Neurosurg Spine 13(2), 158-164

Korinek AM (1997): Risk factors for neurosurgical site infections after craniotomy: a prospective Infections, the SEHP, and the C-CLIN Paris-Nord. Service Epidemiologie Hygiene et Prévention. Neurosurgery 41(5), 1073-1081

Korinek AM, Golmard JL, Elcheick A, Bismuth R, van Effenterre R, Coriat P, Puybasset L (2005): Risk factors for neurosurgical site infections after craniotomy: a

critical reappraisal of antibiotic prophylaxis on 4,578 patients. Br J Neurosurg 19(2),155-162

Korinek AM, Baugnon T, Golmard JL, van Effenterre R, Coriat P, Puybasset L (2008): Risk factors for adult nosocomial meningitis after craniotomy: role of antibiotic. Neurosurgery 62(2), 532-539

Kurz X, Mertens R, Ronveaux O (1996): Antimicrobial prophylaxis in surgery in Belgian hospitals: room for improvement. Eur J Surg 162(1), 15-21

Laborde G, Grosskopf U, Schmieder K, Harders A, Klimek L, Hardenack M, Gilsbach JM (1993): Nosocomial infections in a neurosurgical intensive care unit. Anaesthesist 42(10), 724-731

Lanfermann H, Heindel W, Gierenz M, Haupt WF, Hildebrandt G, Lackner K (1996): The MR tomographic diagnosis of intra- and paraspinal abscesses. Rofo 165(1), 36-42

Lasker BR, Harter DH (1987): Cervical epidural abscess. Neurology 37(11), 1747-1753

Lazennec JY, Fourniols E, Lenoir T, Aubry A, Pissonnier ML, Issartel B, Rousseau MA (2011): Infections in the operated spine: Update on risk management and therapeutic strategies. Orthop Traumatol Surg Res 97(6 Suppl), 107-116

Le TA, Sohn AH, Nguyen PT, Vo TC, Vo VN, Tran Nguyen TH, Ewald B, Dibley M (2006): Microbiology of surgical site infections and associated antimicrobial use among Vietnamese orthopedic and neurosurgical patients. Infect Control Hosp Epidemiol 27(8), 855-862

Leaper DJ (1995): Risk factors for surgical infection. J Hosp Infect 30 Suppl, 127-139

Levi AD, Dickman CA, Sonntag VK (1997): Management of postoperative infections after spinal instrumentation. J Neurosurg 86(6), 975-980

Lewis RT, Weigand FM, Mamazza J, Lloyd-Smith W, Tataryn D (1995): Should antibiotic prophylaxis be used routinely in clean surgical procedures: a tentative yes. Surgery 118(4), 742-747

Lietard C, Thebaud V, Besson G, Lejeune B (2008): Risk factors for neurosurgical site infections: an 18-month prospective survey. J Neurosurg 109(4), 729-734

Mackenzie AR, Laing RB, Smith CC, Kaar GF, Smith FW (1998): Spinal epidural abscess: the importance of early diagnosis and treatment. J Neurol Neurosurg Psychiatry 65(2), 209-212

Malis LI (1979): Prevention of neurosurgical infection by intraoperative antibiotics. Neurosurgery 5(3), 339-343

Mangram AJ, Horan TC, Pearson ML, Silver LC, Jarvis WR (1999): Guideline for prevention of surgical site infection, 1999. Hospital Infection Control Practices Advisory Committee. Infect Control Hosp Epidemiol 20(4), 250-280

Martin RJ, Yuan HA (1996): Neurosurgical care of spinal epidural, subdural, and intramedullary abscesses and arachnoiditis. Orthop Clin North Am 27(1), 125-136

Massie JB, Heller JG, Abitbol JJ, McPherson D, Garfin SR (1992): Postoperative posterior spinal wound infections. Clin Orthop Relat Res 284, 99-108

Mastronardi L, Tatta C (2004): Intraoperative antibiotic prophylaxis in clean spinal surgery: a retrospective analysis in a consecutive series of 973 cases. Surg Neurol 61, 129-135

Mauer UM, Kunz U (2007): Spinal epidural empyema. Limited surgical treatment combined with continuous. Unfallchirurg 110(3), 250-254

McClelland S 3rd, Hall WA (2007): Postoperative central nervous system infection: incidence and associated factors in 2111 neurosurgical procedures. Clin Infect Dis 45(1), 55-59

Mello LR, Boer V (1982): Infeccoes em Neurochirurgia. Arq Neuropsiquiatr 40(1), 54-66

Moskopp D, Wassmann H: Neurochirurgie. Handbuch für die Weiterbildung und interdisziplinäres Nachschlagewerk. Schattauer Verlag, Stuttgart 2005

Narotam PK, van Dellen JR, du Trevou MD, Gouws E (1994): Operative sepsis in neurosurgery: a method of classifying surgical cases. Neurosurgery 34(3), 409-416

Olsen MA, Mayfield J, Lauryssen C, Polish LB, Jones M, Vest J, Fraser VJ. (2003): Risk factors for surgical site infection in spinal surgery. J Neurosurg 98(2 Suppl), 149-155

Olsen MA, Nepple JJ, Daniel Riew K, Lenke LG, Bridwell KH, Mayfield J, Fraser VJ (2008): Risk factors for surgical site infection following orthopaedic spinal operations. J Bone Joint Surg Am 90(1), 62-69

O'Neill KR, Smith JG, Abtahi AM, Spengler DM, McGirt MJ, Devin CJ (2011): Reduced surgical site infections in patients undergoing posterior spinal stabilization of traumatic injuries using vancomycin powder. Spine J 11(7), 641-646

Orlando R, Cappabianca P, Tosone G, Esposito F, Piazza M, de Divitiis E (2007): Retrospective analysis of a new antibiotic chemoprophylaxis regimen in 170. Surg Neurol 68(2), 145-148

O'Shea M, Crandon I, Harding H, Donaldson G, Bruce C, Ehikhametalor K (2004): Infections in neurosurgical patients admitted to the intensive care unit at the University Hospital of the West Indies. West Indian Med J 53(3), 159-163

Pennybacker JB, Taylor M, Cairns H (1947): Penicillin in the Prevention of Infection during Operation on the Brain and Spinal Cord. Lancet 250(6466), 159-162

Perrotti PP, Corrales JL, Popescu BM (2009): Pyogenic vertebral osteomyelitis. Medicina 69(5), 513-518

Perry JW, Montgomerie JZ, Swank S, Gilmore DS, Maeder K (1997): Wound infections following spinal fusion with posterior segmental spinal instrumentation. Clin Infect Dis 24(4), 558-561

Petignat C, Francioli P, Harbarth S, Regli L, Porchet F, Reverdin A, Rilliet B, de Tribolet N, Pannatier A, Pittet D, Zanetti G (2008): Cefuroxime prophylaxis is effective in noninstrumented spine surgery: A double-blind, placebo-controlled study. Spine 33(18), 1919-1924

Picada R, Winter RB, Lonstein JE, Denis F, Pinto MR, Smith MD, Perra JH (2000): Postoperative deep wound infection in adults after posterior lumbosacral spine fusion with instrumentation: incidence and management. J Spinal Disord 13(1), 42-45

Pilkington SA, Jackson SA, Gillett GR (2003): Spinal epidural empyema. Br J Neurosurg 17(2), 196-200

Pories SE, Gamelli RL, Mead PB, Goodwin G, Harris F, Vacek P(1991): The epidemiologic features of nosocomial infections in patients with trauma. Arch Surg 126(1), 97-99

Pull ter Gunne AF, Cohen DB (2009): Incidence, prevalence, and analysis of risk factors for surgical site infection following adult spinal surgery. Spine 34(13), 1422-1428

Quadery LA, Medlery AV, Miles J (1977): Factors affecting the incidence of wound infection in Neurosurgery. Acta Neurochir (Wien) 39(3-4), 133-141

Raggueneau JL, Cophignon J, Kind A, Rey A, Goldstein A, Thurel C, Dematons C, George B, Roux FX (1983): Analysis of infectious sequelae of 1000 neurosurgical operations. Effects of prophylactic antibiotherapy. Neurochirurgie 29(4), 229-233

Rath SA, Neff U, Schneider O, Richter HP (1996): Neurosurgical management of thoracic and lumbar vertebral osteomyelitis and discitis in adults: a review of 43 consecutive surgically treated patients. Neurosurgery 38(5), 926-933

Ravicovitch MA, Spallone A (1982): Spinal epidural abscesses. Surgical and parasurgical management. Eur Neurol 21(5), 347-357

Rechtine GR, Bono PL, Cahill D, Bolesta MJ, Chrin AM (2001): Postoperative wound infection after instrumentation of thoracic and lumbar fractures. J Orthop Trauma 15(8), 566-569

Reihsaus E, Waldbaur H, Seeling W (2000): Spinal epidural abscess: a meta-analysis of 915 patients. Neurosurg Rev 23(4), 175-205

Rigamonti D, Liem L, Sampath P, Knoller N, Namaguchi Y, Schreibman DL, Sloan MA, Wolf A, Zeidman S (1999): Spinal epidural abscess: contemporary trends in etiology, evaluation, and management. Surg Neurol 52(2), 189-197

Rimoldi RL, Haye W (1996): The use of antibiotics for wound prophylaxis in spinal surgery. Orthop Clin North Am 27(1), 47-52

Rohde V, Meyer B, Schaller C, Hassler WE (1998): Spondylodiscitis after lumbar discectomy. Incidence and a proposal for prophylaxis. Spine 23(5), 615-620

Romano A, Giordano S, Abbagnato L, Scarlata F, Miceli S, Scaqlione V, Odierno Contino A, Politi F, Pepe A, Aqostara B (2008): Reports of nine cases of Spondylodiscitis. Infez Med 16(2), 103-107

Rubinstein E, Findler G, Amit P, Shaked I (1994): Perioperative prophylactic cephazolin in spinal surgery: A double-blind placebo-controlled trial. J Bone Joint Surg Br 76(1), 99-102

Savitz MH, Katz SS (1986): Prevention of primary wound infection in neurosurgical patients: a 10- year study. Neurosurgery 18(6), 685-688

Savitz SI, Bottone EJ, Savitz MH, Malis LI (1994): Investigations of the bacteriological factors in clean neurosurgical wounds. Neurosurgery 34(3), 417-421

Schirmer M: Neurochirurgie. 10. Auflage; Urban und Fischer in Elsevier, München 2005

Schmutzhard E: Entzündliche Erkrankungen des Nervensystems. Thieme Verlag Stuttgart 2000

Schnöring M, Brock M (2003): Prophylactic antibiotics in lumbar disc surgery: analysis of 1,030 procedures. Zentralbl Neurochir 64(1), 24-29

Shapiro M, Wald U, Simchen E, Pomeranz S, Zagzag D, Michowiz SD, Samuel-Cahn E, Wax Y, Shuval R, Kahane Y et al. (1986): Randomized clinical trial of intraoperative antimicrobial prophylaxis of infection after neurosurgical procedures. J Hosp Infect 8(3), 283-295

Sharma MS, Vohra A, Thomas P, Kapil A, Suri A, Chandra PS, Kale SS, Mahapatra AK, Sharma BS (2009): Effect of risk-stratified, protocol-based perioperative chemoprophylaxis on nosocomial infection rates in a series of 31 927 consecutive neurosurgical procedures (1994-2006). Neurosurgery 64(6), 1123-1131

Stambough JL, Beringer D (1992): Postoperative wound infections complicating adult spine surgery. J Spinal Disord 5(3), 277-285

Sweet FA, Roh M, Silva C (2011): Intrawound application of vancomycin for prophylaxis in instrumented thoracolumbar fusions: efficacy, drug levels, and patient outcomes. Spine (Phila Pa 1976) 36(24), 2084-2088

Takahashi H, Wada A, Iida Y, Yokoyama Y, Katori S, Hasegawa K, Shintaro T, Suguro T (2009): Antimicrobial prophylaxis for spinal surgery. J Orthop Sci 14(1), 40-44

Tenney JH, Vlahov D, Salcman M, Ducker TB (1985): Wide variation in risk of wound infection following clean neurosurgery. Implications for perioperative antibiotic prophylaxis. J Neurosurg 62(2), 243-247

Valentini LG, Casali C, Chatenoud L, Chiaffarino F, Uberti-Foppa C, Broggi G (2008): Surgical site infections after elective neurosurgery: a survey of 1747 patients. Neurosurgery 62(1), 88-96

van Bergen J, Plazier M, Baets J, Simons P Jan (2009): An extensive spinal epidural abscess successfully treated conservatively. J Neurol Neurosurg Psychiatry 80(3), 351-353

Vilke GM, Honingford EA (1996): Cervical spine epidural abscess in a patient with no predisposing risk factors. Ann Emerg Med 27(6), 777-780

Wacha H, Hoyme U, Isenmann R, Kujath P, Lebert C, Naber K, Salzberger B (2010): Perioperative Antibiotikaprophylaxe-Empfehlungen einer Expertenkommission der Paul-Ehrlich-Gesellschaft für Chemotherapie e. V.. Chemother J 19(3), 70-84

Watanabe M, Sakai D, Matsuyama D, Yamamoto Y, Sato M, Mochida J (2010): Risk factors for surgical site infection following spine surgery: efficacy of intraoperative saline irrigation. J Neurosurg Spine 12(5), 540-546

Watters WC 3rd, Baisden J, Bono CM, Heggeness MH, Resnick DK, Shaffer WO, Toton JF: North American Spine Society (2009): Antibiotic prophylaxis in spine surgery: an evidence-based clinical guideline for the use of prophylactic antibiotics in spine surgery. Spine J 9(2), 142-146

Weinstein MA.; McCabe JP, Cammisa FP Jr (2000): Postoperative spinal wound infection: a review of 2,391 consecutive index procedures. J Spinal Disord 13(5), 422-426

Wimmer C, Gluch H, Franzreb M, Ogon M (1998): Predisposing factors for infection in spine surgery: a survey of 850 spinal procedures. J Spinal Disord 11(2), 124-128

Young RF, Lawner PM (1987): Perioperative antibiotic prophylaxis for prevention of postoperative neurosurgical infections. A randomized clinical trial. J Neurosurg 66(5), 701-705

# Danksagung

Ich danke Herrn Prof. Dr. V. Rhode und Herrn Prof. Dr. M. Buchfelder für die Überlassung des Themas dieser Arbeit.

Bei Herrn Priv.-Doz. Dr. P. Nomikos bedanke ich mich für die Beratung und die Anregungen.

Mein spezieller Dank gilt Frau Priv.-Doz. Dr. A. Gutenberg für ihre persönliche Betreuung, Unterstützung und ihre wertvollen inhaltlichen Anregungen. Nur durch ihre beständige Geduld und ihr Engagement konnte diese Arbeit fertig gestellt werden.