

Aus der Universitätsklinik für Neurochirurgie Tübingen

Ärztlicher Direktor: Professor Dr. M.Tatagiba

**Klinischer Vergleich von antibiotika-
imprägnierten Shuntkathetern (85 Fälle) mit
nativen Kathetern (172 Fälle).
Eine retrospektive Studie**

*Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Medizin*

*der Medizinischen Fakultät der
Eberhard-Karls-Universität
zu Tübingen*

vorgelegt von

Karin Renate Aukthun

aus

Lahr/Schwarzwald

2009

Dekan: Professor Dr. I. B. Autenrieth

1. Berichterstatter: Privatdozent Dr. Dipl.-Psych. B. Will

2. Berichterstatter: Professor Dr. H. Ackermann

Inhaltsverzeichnis:

	Seite
1. Einleitung	
1.1. Historischer Rückblick	5
1.2. Therapie	6
2. Anatomie	
2.1. Liquor cerebrospinalis	9
2.2. Pathogenese des Hydrocephalus	9
3. Fragestellung	11
4. Material und Methoden	
4.1. Beobachtungszeitraum	12
4.1.2. Aktenauswertung	12
4.2. Operation	14
4.2.1. Die Shuntoperation	14
4.2.2. Infektion nach Shuntoperationen	15
4.3. Mechanismus der Infektion	17
4.4. Infektionsrisiken	18
4.5. Katheterbeschreibung	22
4.6. Definition einer katheter-bezogenen Infektion	23
4.7. Therapie der Shuntinfektion	24
5. Ergebnisse	
5.1. Allgemeine Beschreibung der Daten	25
5.1.1. Implantationshäufigkeit der Katheter von 2000 bis 2002	25
5.1.2. Aktenauswertung	27
5.1.3. Diagnosegruppen	27
5.1.4. Alters- und Geschlechtsverteilung	30
5.1.5. Pathogenese und Pathophysiologie	35

5.1.5.1. Pathogenese	35
5.1.5.2. Pathophysiologie	37
5.1.6. Shuntoperation	39
5.2. Infektion	42
5.2.1. Infektionshäufigkeit	42
5.2.2. Infektionsgruppen	43
5.2.3. Früh- und Spätinfektionen	45
5.2.4. Shuntentfernung aufgrund einer Infektion	49
5.3. Komplikationen	51
5.3.1. Frühkomplikationen	51
5.3.2. Spätkomplikationen	53
5.4. Risikofaktoren für Shuntinfektionen	57
5.5. Krankenhausaufenthalt	61
5.6. Tod	62
6. Diskussion	
6.1. Allgemeine Daten	63
6.1.1. Shuntkatheter	63
6.1.2. Patientenkollektiv	65
6.1.3. Altersverteilung	66
6.1.4. Pathogenese und Pathophysiologie	67
6.1.5. Operationsart	68
6.1.6. Art der Shuntanlage	69
6.2. Klinikverlauf nach Shuntkatheterimplantation	70
6.2.1. Komplikationen	70
6.2.2. Frühkomplikationen	72
6.2.3. Spätkomplikationen	72
6.2.4. Infektionen	73
6.2.4.1. Frühinfektionen	73
6.2.4.2. Spätinfektionen	74
6.2.5. Weitere Operationen	75
6.2.6. Shuntentfernung aufgrund einer Infektion	76

6.2.7. Risikofaktoren	77
6.2.8. Tod	79
6.3. Vergleich imprägnierter und nativer Katheter	80
6.3.1. Komplikationen	80
6.3.2. Infektionen	81
6.3.2.1. Frühinfektionen	83
6.3.2.2. Spätinfektionen	84
6.3.2.3. Shuntinfektionen	86
6.3.3. Shuntentfernung aufgrund einer Infektion	88
6.3.4. Risikofaktoren	88
6.3.5. Weitere Operationen	92
6.4. Kosten-Nutzen-Vergleich	93
7. Ergebnis	94
8. Literaturverzeichnis	96

1. Einleitung

1.1. Historischer Überblick

Der Hydrocephalus ist ein Krankheitsbild, welches wohl aufgrund des ungewöhnlichen klinischen Bildes schon in der frühesten Medizingeschichte Erwähnung findet.

Hippokrates (460-377 vor Chr.) kennt ein Krankheitsbild, das er Hydrocephalus nennt, mit einer Flüssigkeitsansammlung im Kopf. Diese sei um das Gehirn herum angelagert, weshalb er zur Therapie eine frontale Entlastungstrepanation empfahl. Somit handelte es sich dabei eher um subdurale Hygrome.

Galen (131-201 n. Chr.) erkannte, dass die Ventrikel miteinander kommunizieren, wenn auch der genaue Weg, wie und mit was, nicht klar war. Seine These war, dass die Ventrikelräume den „spiritus animalis“, die Seele, enthalten würden. Er nahm dies in seine Säftelehre mit auf und versuchte auf dieser Idee basierend, eine diätetische Therapie des Krankheitsbildes. Galens These wurde bis ins Mittelalter beibehalten.

Abulkassim Al Zahrawi (936-1013 n. Chr.) hat eine adäquate Beschreibung des Hydrocephalus geliefert, allerdings wurde er von der abendländischen Medizin nicht rezipiert. In der abendländischen Medizin widersprach erst Vesalius (1514-1564 n. Chr.) der Theorie des „spiritus animalis“. Vesalius beschrieb als Erster den Hydrocephalus internus.

Die Anatomie der Ventrikel wurde um das Jahr 1505 von Leonardo da Vinci anhand des Wachsausgusses eines Ochsenhirns dargestellt und gezeichnet.

Morgagni (1682-1771 n. Chr.) bestätigte das Ventrikelsystem als Ursache des Hydrocephalus. Die erste Definition des Hydrocephalus internus und externus kam von Robert Whytt, der diesen anhand von 20 Autopsien beschrieb.

Allerdings war die Kommunikation zwischen den Ventrikeln noch immer nicht richtig erkannt worden. Man ging weiterhin von einem Missverhältnis zwischen einer „ausschwitzenden“ Arterie und einer aufnehmenden Vene aus, wie es Whytt beschrieben hatte.

Die Kommunikation zwischen den Ventrikeln wurde dann von Francois Magendie (1783-1855 n. Chr.) richtig interpretiert. Er sah auch das

Passagehindernis als eine Ursache des Hydrocephalus an. Magendie bewies im Tierexperiment die Flüssigkeitsfüllung der Ventrikel und die freie Kommunikation des Ventrikelsystems über das Foramen Magendie mit dem Subarachnoidalraum.

Faivre entdeckt 1854 den Plexus choroideus als Produktionsort des Liquors.

Dandy und Blackfan beschrieben die Ventrikelerweiterung bei Obstruktion des Foramen Monroi und intaktem Plexus choroideus sowie die ausbleibende Ventrikelerweiterung bei Obstruktion des Foramen Monroi und entferntem Plexus choroideus.

Über Experimente und den daraus gewonnenen Erkenntnissen unterschied Dandy einen obstruktiven von einem kommunizierenden Typ. Diese Unterteilung entstand bei Versuchen mit Phenolsulphtalein. Diese Substanz erschien beim kommunizierenden Hydrocephalus in der Spinalflüssigkeit, beim obstruktiven Hydrocephalus nicht.

1.2. Therapie

Lange stand man dem Hydrocephalus ohne Therapiemöglichkeit gegenüber. Man versuchte alle gängigen Methoden wie Aderlass, Abführmittel, Diuretika, Schröpfen, lokale Kältetherapie und vieles mehr.

Anfang des 19. Jahrhunderts versuchte man es mit Druck von außen. 1821 beschrieb Blanc die Kompression als Therapie des Hydrocephalus.

Zur Kompression wurden Musselinverbände, Pflasterstreifen, Gummibandagen und Ähnliches benutzt. Die Idee war, durch die Kompression den intrakraniellen Druck zu erhöhen und damit die Absorptionswege wieder zu öffnen.

Wie man heute erwarten würde, führte die Kompression zur intrakraniellen Druckerhöhung, damit aber zu Liquorzirkulationsstörungen, Krampfanfällen und nach von Bruns sogar zur Sprengung des Schädels.

Zu Beginn des 20. Jahrhunderts wurden vor allem medikamentöse Therapieansätze ausgearbeitet. Durch Isosorbid und Acetazolamid versuchte man die Liquorproduktion zu hemmen. Die Wirkung ist jedoch

starken individuellen Schwankungen unterworfen, so dass die Anwendung nur als adjuvante Therapie zu erwägen ist.

Auch andere Ansätze wie 40%ige Sorbitlösung, evtl. in Kombination mit Furosemid oder Ethacrynsäure konnten nicht überzeugen.

Bei der chirurgischen Therapie wurde viel versucht. So hatte man den Liquor in die Orbita, das Mastoid, in das Subkutangewebe, das Knochenmark, in den Magen, in den Darm oder in andere Organe abgeleitet. Diese Versuche blieben allerdings erfolglos oder führten zu aufsteigenden Infektionen.

Erst 1895 entwickelte Gärtner eine Ableitung des Liquors ins Blutgefäßsystem. Verwirklicht wurde diese Idee von Payr (1911). Er bildete eine Drainage der Seitenventrikel über ein Stück der Vena saphena magna in die Vena jugularis interna. Acht von 15 Patienten überlebten die Operation, vier zeigten eine Besserung ihrer Symptomatik.

Viele Nachahmer versuchten sich an ähnlichen Operationen, jedoch ohne Erfolg.

1949 implantierten Nulsen und Spitz bei einem 14 Monate alten Kind ein Shuntsystem mit funktionierendem Kugelventil. Der Hydrocephalus kam damit zum Stillstand. (Mrozik 1984)

Pudenz führte in den 50er Jahren erstmals eine Liquorableitung in den rechten Vorhof durch. Diese Arbeitsmethode entwickelten Heyer und Schulte weiter. Auch heute noch wird der atriale Ableitungsweg gewählt, wenn es Kontraindikationen für eine peritoneale Ableitung gibt.

Da nun erfolgreich Shuntanlagen durchgeführt werden konnten, wurden Probleme nach der Operation beobachtet. Es kam häufig zu Unter- bzw. Überdrainagesymptomen. Das führte zur Entwicklung verschiedener Ventile, die eben diese Komplikationen verhindern sollten.

Hakim entwickelte das erste druckverstellbare Ventil, welches mittels einer transkutanen Verstellerschraube eingestellt werden konnte.

1983 entwickelte B. Marion das dreistufige Sophy-Ventil, später das achtstufige SU-8-Ventil.

Seit 1989/1990 ist das von Drs Carlos und Salomon Hakim 1984 entwickelte druckverstellbare Medosventil im Handel. (Kiefer 2002)

Die verschiedenen Ventile werden ständig weiterentwickelt. Die Kliniken bauen denjenigen Ventiltyp ein, mit dem sie gute Erfahrungen gemacht haben. In der neurochirurgischen Klinik der Universität Tübingen wird hauptsächlich das regelbare Codman-Medos-Ventil eingebaut (Müller-Korbsch 2001). Die verschiedenen Ventile sind gleichwertig in Bezug auf Komplikationen wie Shunt Dysfunktion (Drake 1998)

Mit der Verbesserung der ableitenden Systeme wurde nun die Infektion bei der Therapie des Hydrocephalus eine der schwerwiegendsten Komplikationen. Viele Bestrebungen gehen heute dahin, Verfahren zu entwickeln, die das Infektionsrisiko senken. An der Universität Tübingen wurde aus diesem Grund im Jahr 2000 ein antibiotika-imprägnierter Katheter (Codman-Bactiseal-antimicrobial impregnated catheter system) eingeführt, in der Hoffnung, damit die Infektionsrate senken zu können.

2. Anatomie

2.1. Liquor cerebrospinalis

Gebildet wird der Liquor cerebrospinalis vom Plexus choroideus, dessen größte Anteile in den Seitenventrikeln liegen. Von den Seitenventrikeln fließt er durch die Foramina Monroi (interventrikuläre) in den 3. Ventrikel, von dort über den Aquaeductus Sylvii cerebri in den 4. Ventrikel. Aus dem 4. Ventrikel gelangt der Liquor durch das medial gelegene Foramen Magendii (Apertura mediana ventriculi quarti) und die zwei seitlichen Foramina Luschkae (Aperturæ laterales ventriculi quarti) in die Cisterna cerebellomedularis bzw. in die Cisternae pontis laterales.

Von dem Liquor gelangen dann $\frac{1}{5}$ zunächst in die perimedullären Subarachnoidalräume, während $\frac{4}{5}$ direkt durch die basalen Zisternen und durch die Pacchioni-Granulationen in die großen Sinus und schließlich auch wieder in den Blutstrom gelangen. (Mumenthaler 1997)

2.2. Pathogenese des Hydrocephalus

Unterschieden wird ein Hydrocephalus occlusus und ein Hydrocephalus communicans.

Die Entstehung eines Hydrocephalus occlusus beruht auf einer Behinderung des oben beschriebenen Liquorflusses. Dafür gibt es verschiedene Ursachen, wie z. B. Tumore, Fehlen, Stenose, Gliose oder Fehlbildung des Aquaedukts, Obliterationen der Foramina Luschkae und Magendii oder angeborene Missbildungen, insbesondere die Arnold-Chiari-Malformation.

Je nach Ursache kann sich der Hydrocephalus schon intrauterin ausbilden.

Zu einem Hydrocephalus communicans führen beispielsweise Verlegung der Zisternen durch Verklebungen (z. B. nach Meningitis), Verlegung des subarachnoidalen Maschenwerkes nach Blutungen, subdurale Hämatome, Liquorabflussbehinderungen durch Thrombose venöser Sinus, eine Verklebung der Resorptionsräume durch flächigen Tumorbefall (Meningeosis carcinomatosa) oder eine starke Eiweißerhöhung des Liquors.

Zu dem Hydrocephalus communicans wird auch der so genannte Normaldruck-Hydrocephalus gezählt, der eine Erkrankung des Erwachsenenalters ist. Im CT oder MRT findet man eine symmetrische Erweiterung der inneren Liquorräume bei normalen oder sogar engen äußeren Liquorräumen. Ein charakteristisches Merkmal ist die schlagartige Besserung der Symptomatik nach einer Lumbalpunktion. Ursächlich für diesen „Hydrocephalus mit normalen Hirndruck“ können Subarachnoidalblutungen, Schädel-Hirn-Traumen, eine Meningitis oder eine Sinusthrombose sein. In vielen Fällen findet sich jedoch kein Hinweis für eine solche Genese, so dass ein idiopathischer Normaldruck-Hydrocephalus diagnostiziert werden muss.

Therapeutisch wird beim kommunizierenden Hydrocephalus eine Shuntoperation durchgeführt. Beim Hydrocephalus occlusus versucht man, das Passagehindernis zu beseitigen oder öffnet über einen endoskopischen Zugang den Boden des dritten Ventrikels zum perimesenzephalen Subarachnoidalraum (endoskopische Ventrikulozisternostomie). (Mumenthaler 1997)

3. Fragestellung

Zunächst soll beschrieben werden, welche Patienten den imprägnierten Katheter erhalten haben und wie oft Infektionen auftraten. Verglichen werden die Ergebnisse mit der Gruppe von Patienten, die im gleichen Zeitraum einen herkömmlichen Shuntkatheter implantiert bekommen haben.

Dabei war die Implantationspolitik folgende:

Die Bactiseal-Katheter waren vorrätig und der Operateur entschied von Fall zu Fall, ob er einen nativen oder einen imprägnierten Katheter verwendete.

Wurde bei einem Patienten ein erhöhtes Infektionsrisiko vermutet, so sollten imprägnierte Katheter verwendet werden.

Wegen der deutlich höheren Kosten der imprägnierten Systeme wurde nicht grundsätzlich ein imprägnierter Katheter verwendet.

Mit dem gleichen Patientenkollektiv wurde noch eine zweite Doktorarbeit geschrieben, welche sich mit den Komplikationen der Shuntoperation im Allgemeinen, deren Risikofaktoren und den Gründen für Revisionen befasst. Diese Ergebnisse werden hier nur kurz dargestellt.

4. Material und Methoden

4.1. Beobachtungszeitraum

Der Beobachtungszeitraum reicht von Januar 2000, als auch die ersten antibiotika-imprägnierten Katheter implantiert wurden, bis Dezember 2002.

4.1.2. Aktenauswertung

Die Patientendaten wurden dem Operationsbuch entnommen und daraufhin die entsprechenden Akten im Archiv bestellt.

In dieser Arbeit werden die Erfahrungen der neurochirurgischen Abteilung der Universitätsklinik Tübingen mit dem 2000 eingeführten antibiotika-imprägnierten Katheter aufgearbeitet.

Es handelt sich um eine retrospektive Studie.

Bei der Auswertung der Daten ergaben sich einige für retrospektive Studien klassische Probleme:

Die Patientendaten ließen sich nicht immer vollständig erheben. Einige Patienten konnten nicht ausgewertet werden, da die Akten verloren gegangen waren. Zum Teil waren die Akten auch unvollständig, so dass auch hier ein Teil der Daten nicht zugänglich war.

Bei sechs Akten fehlte z. B. der OP-Bericht und es ließ sich nicht mehr feststellen, welches Shuntsystem implantiert wurde. Zwei Patienten wurden aus der Wertung genommen, da die entscheidende Operation noch im Jahr 1999 lag und diese somit nicht zum Vergleich mit den erst 2000 eingeführten imprägnierten Kathetern gezählt werden konnten.

Im Auswertungszeitraum wurden 265 Patienten einer Shuntoperation unterzogen.

Die Krankenakten wurden mittels eines Fragebogens ausgewertet. Dieser Fragebogen erfasste folgende Parameter:

- allgemeine Patientendaten (Alter, Geschlecht)
- Art des Shunts (Bactiseal, nativer Shunt)
- OP-Art (Revision, Neuanlage, Erstanlage)
- Ventilart (Medos, Sophy, Hakim, andere)
- Pathogenese (angeboren, erworben)
- Pathophysiologie (Hydrocephalus occlusus, Hydrocephalus aresorptivus)
- Dauer des stationären Aufenthaltes in Tagen
- Risikofaktoren (Diabetes mellitus, AVK, Alter, Immunschwäche, frühere Infektionen, frühere Shuntinfektionen, komatös, Zustand nach Radiatio, ehemalige Frühgeburt, externe Drainage)
- Postoperative Komplikationen (Wundheilungsstörungen, Blutung, Infektion, Verstopfung, Über- oder Unterdrainage, ventilbedingte Komplikationen, Shunt Dysfunktion)
- Shunt wegen Infektion entfernt
- jeweils Datum der OP, der Komplikationen, der Revisionen
- Datum letztes Lebenszeichen
- Datum Aktenauswertung

4.2. Operation

4.2.1. Die Shuntoperation

In den meisten Fällen wurde die ventrikulo-peritoneale Liquorableitung gewählt. Nur bei Kontraindikationen (starke abdominelle Verwachsungen, mehrfaches Versagen einer intraperitonealen Ableitung, Tumor im Peritonealraum) wurde die ventrikulo-atriale Ableitung gewählt.

Der Eingriff erfolgt in Intubationsnarkose. Der Patient wird auf den Rücken gelagert. Aus hirnanatomischen Gründen wird der Shunt, wenn möglich, rechts frontal eingebracht. Daher erfolgt vor der Operation die Entfernung der Haupthaare rechts. Der nach links gedrehte Kopf wird auf einer Kopfstütze oder einem Tennisring gelagert.

Nach Reinigung, Entfettung und Desinfektion der Haut sowohl am Kopf als auch am Abdomen wird der Patient steril abgedeckt.

Der etwa 2-7 cm lange Hautschnitt (je nach Alter des Patienten und Dicke der subkutanen Fettschicht) erfolgt im rechten Oberbauch. Der Operateur eröffnet die subkutane Fettschicht und stellt die Muskelfaszie dar. Der M. rectus wird stumpf auseinander präpariert und die innere Faszie eröffnet. Nach Eröffnung des Peritoneums kann der mit einem Faden markierte Teil des Peritonealkatheters nach intraperitoneal eingeführt werden. Nachdem die Durchgängigkeit überprüft wurde, wird das Peritoneum mittels Tabaksbeutelnaht verschlossen. Es folgt der Verschluss des inneren und äußeren Faszienblattes.

Hinter dem rechten Ohr wird ein etwa 1 cm langer Zwischenschnitt angebracht. Mittels eines Raimondi-Guide wird das freie Ende des Peritonealkatheters subkutan bis hinter das rechte Ohr vorgeschoben. Danach erfolgt wieder eine Kontrolle des Abflusses nach peripher.

Als nächstes wird ein bogenförmiger, ca. 6 cm langer Hautschnitt rechts frontal durchgeführt. Die Galea wird abgeschoben und es erfolgt die Anlage eines Bohrloches 2,5 cm rechts der Mittellinie und 1 cm vor der Koronarnaht.

Die eventuell verbliebene Knochenlamelle wird mit dem Raspatorium abgeschabt und die Dura koaguliert.

Das programmierbare Ventil wird am Steigrohr nochmals auf seine korrekte Funktion überprüft und anschließend mit dem Peritonealkatheter konnektiert.

Als nächstes wird das Ventil subkutan von der Wunde hinter dem rechten Ohr bis zur Wunde rechts frontal subkutan durchgezogen. Nun folgt eine erneute Kontrolle der korrekten Lage des Ventils und des problemlosen Abflusses.

Nach Eröffnung der Dura wird ein Ventrikelkatheter, der in der Regel mit einem Rickham-Reservoir konnektiert wird, in Richtung auf das Foramen Monroi eingeführt. Der Ventrikeldruck wird bestimmt, Liquor zur Laboruntersuchung aufgefangen und danach das Rickham-Reservoir mit dem Ventrikelkatheter konnektiert.

Die Konnektionsstellen werden mit nicht resorbierbarem Nahtmaterial gesichert. Nach sorgfältiger Blutstillung erfolgt ein schichtweiser Wundverschluss mit Subkutannähten in Einzelknopftechnik. Zum Abschluss wird nochmals eine Desinfektion durchgeführt und es folgt der sterile Verband.

4.2.2. Infektion nach Shuntoperationen

Shuntinfektionen gehören neben den intrakraniellen Blutungen zu den schwerwiegendsten Komplikationen. Patienten mit Shuntinfektion haben eine doppelt so hohe Sterblichkeit und dreimal mehr shuntbezogene Operationen als Patienten mit einem infektionsfreien postoperativen Verlauf.

Auch nach einer erfolgreich durchgeführten Behandlung bleibt bei diesen Patienten ein erhöhtes Risiko bestehen, weitere langfristige Krankheiten zu entwickeln. Dies sind z. B. Krampfanfälle, Verlust kognitiver Fähigkeiten und psychomotorische Retardierung. (Govender 2003)

Die Infektionsrate bei Shuntoperationen schwankt zwischen 1% und 39%. (Bayston 1987) Obwohl die Häufigkeit in den entwickelten Ländern abnimmt, bleibt die Shuntinfektion die Hauptursache für neurochirurgische Todesfälle. (Govender 2003)

Ein besonders hohes Infektionsrisiko haben Kleinkinder (< 1 Jahr) (Kumar 2005), Revisionsoperationen und Shuntoperationen nach externer Liquordrainage. (Zimmerli 1999)

Die Infektionen werden meist verursacht durch nicht-pathologische, gram-positive Hautflora. Dabei machen Bakterien der Staphylokokkenspezies etwa 90% der Shuntinfektionen aus (Staphylococcus epidermidis 66%, Staphylococcus aureus 20-28%) (Govender 2003). Des Weiteren spielen Streptokokken, gram-negative Stäbchen und anaerobe Diphteroide eine Rolle. (Zimmerli 1999)

Die Erreger, die meist Teil der Hautflora sind, erlangen Zugang während der Shuntanlage (Bayston 1974) oder bei Revisionen, selten auch bei Liquordruckmessungen durch den Einstichort der Nadel. (Bayston 1989)

Somit erklärt sich, dass die Infektion im Zusammenhang mit Legetechnik und Zugang steht, aber auch mit Liegedauer, Material und Katheterpflege. Die Häufigkeit einer Sepsis durch katheter-verursachte Bakteriämie liegt laut Literatur bei 1-8 % (Çağavi 2004, Bach 1993).

Zu mehr als einem Drittel treten die Shuntinfektionen noch während des Krankenhausaufenthaltes auf (Morissette 1993). Genauere Zeitangaben gibt es zu der Infektion bei liegender externer Liquordrainage, bei der das Risiko einer Infektion bis zum sechsten Tag ansteigt, wobei nach dem elften Tag eine Infektion immer unwahrscheinlicher wird (Haines 1994).

Die Hauptsymptome für eine Infektion sind:

- Fieber
- Reizbarkeit
- Anorexie
- Verhaltensänderungen
- Hautrötung über dem Shuntverlauf
- Wundheilungsstörungen
- Meningitiszeichen

Wenn vor allem die Shuntobstruktion im Vordergrund steht, äußert sich dies mit Kopfschmerzen und Erbrechen. In der Regel dominieren aber die Infektionssymptome.

Außerdem kann es zu chronischen Shuntinfektionen kommen, für die hauptsächlich koagulase-negative Staphylokokken verantwortlich sind (Zimmerli 1999).

Zudem besteht die Gefahr, dass es zu einer postinfektiösen Glomerulonephritis kommen kann. Ursächlich dafür kann neben bakteriellen Herderkrankungen, Streptokokkeninfekten und Sepsis ein infizierter ventrikuloatrialer Shunt sein. Es kommt dann zur so genannten Shuntnephritis (Inzidenz von 0,4-2,3%), die letztendlich auch zur bleibenden Niereninsuffizienz mit Dialysepflicht führen kann.

Die Diagnose ist oft schwierig. Gesichert wird sie durch direkte Punktion des Shuntreservoirs. Bei frühzeitiger Diagnosestellung und Therapie mit i.v.-Antibiose und Entfernung des infizierten Shunts ist die Prognose gut. Daher wird eine regelmässige Kontrolle der Nierenparameter bei Patienten mit Shunt empfohlen (Haffner 1997)

4.3. Mechanismus der Infektion

Die Interaktion zwischen Shuntoberfläche und Mikroorganismus wird heute als einer der Hauptfaktoren der bakteriellen Kolonisation gesehen.

Es wurde durch elektronenmikroskopische Aufnahmen nachgewiesen, dass die verwendeten Oberflächen nicht glatt genug sind, um eine bakterielle Adhäsion zu verhindern. Zudem wird angenommen, dass sich die Unebenheiten an der Oberfläche verstärken, je älter das System im Körper des Patienten wird. Dies könnte eine mögliche Ursache von spät auftretenden Infektionen sein (Karabastou 2004).

Kurz nach Implantation des Silikonkatheters werden die Oberflächen, die in Kontakt mit Blut oder Gewebe stehen, mit Fibrin, Albumin und anderen Stoffen bedeckt. Es entsteht ein Biofilm, welcher die Oberfläche des Katheters massiv verändert und die bakterielle Besiedelung fördert. (Levy 2004) Zudem behindert dieser Biofilm die Wirkung von systemisch angewandtem Antibiotikum, da der Wirkstoff nicht zu der Infektionsquelle durchdringen kann. (Bach 1993)

Diese „Biocoatings“ finden sich meist an der Außenseite, wodurch eine Entzündung um den Fremdkörper herum entsteht. Ausgelöst meist durch Staph. aureus oder gram-negative Bakterien. (Bayston 1989).

Häufiger ist jedoch die luminale Besiedelung, die meist durch koagulase-negative Staphylokokken hervorgerufen wird.

Besonders Staphylococcus epidermidis hat die Fähigkeit, sich an glatten Oberflächen anzulagern. Dies geschieht durch verschiedene Proteine und die Produktion von extrazellulärem Polysaccharin-Muzin (Çağavi 2004).

Die Adhäsion, Proliferation und Kolonisation von Mikroben am Kathetermaterial ist somit von verschiedenen Faktoren abhängig:

- Unterschiede bei den Bakterienstämmen
- physische Möglichkeiten
- chem. Zusammensetzung des Katheters
- Bildung eines Protein-Biolayers
- Thrombenbildung
- Liegedauer (Bach 1996)

4.4. Infektionsrisiken

Die Infektion nach einer Shuntoperation ist eine gefürchtete Komplikation.

Zu den Risikofaktoren, die die Wahrscheinlichkeit einer Infektion erhöhen können, zählen nicht nur die Vorerkrankungen des Patienten (Diabetes mellitus, Durchblutungsstörungen, Immunschwäche, schlechte Bewusstseinslage, Z. n. Radiatio, Alter....) sondern auch patientenunabhängige Faktoren.

Als Beispiele seien genannt:

- unerfahrenes Personal
- OP-Dauer
- Anzahl der Menschen im OP-Saal
- Revisionsoperationen
- langer Krankenhausaufenthalt
- externe Drainagen bis zur Shuntanlage

Das Bestreben eines jeden Operateurs ist es, eine Shuntinfektion zu vermeiden.

Dies wäre möglich durch:

- erfahrenes Personal
- so wenig Personal wie möglich im OP
- kurze OP-Dauer
- gewebeschonende Operation
- Türen während OP geschlossen halten
- Operationsgebiet gut spülen

Weitgehend anerkannt ist die antibiotische Prophylaxe, meist als single-shot-Medikation vor dem Hautschnitt. In Tübingen hat sich eine Behandlung mit 3 g Cefuroxim bei Erwachsenen bzw. 100mg pro Kilogramm Körpergewicht bei Kindern unter 30 kg bewährt (Sitte 2002).

Zur Reduktion von postoperativen Infektionen wurde in Versuchen mit Ratten den Spüllösungen elementares Jod hinzugefügt. Das Jod tötet Pilze, Bakterien und Virus, ist nicht teuer, bislang sind keine Resistenzbildungen bekannt und auch allergische Reaktionen sind selten. In der Studie wurde nach einer 20 Sekunden dauernden Spülung mit beigefügtem elementarem Jod kein Bakterienwachstum mehr nachgewiesen. (Choi 2003). Dies ist jedoch kein langfristiger Schutz vor Infektionen.

Seit langem wird überlegt, ob durch eine Oberflächenbehandlung der Katheter das Infektionsrisiko gesenkt werden kann.

Die Erreger, die am häufigsten eine Shuntinfektion hervorrufen, sind:

- koagulasenegative Staphylokokken (Staph. epidermidis) (70%)
- Staphylococcus aureus (20%)
- Corynebakterien (5%)
- gram-negative Stäbchen (5%)
- anaerobe Diptheroide
- Streptokokken

Um dieses Erregerspektrum mit Antibiotika sinnvoll abzudecken, wurde eine Kombination aus Rifampicin und Clindamycin gewählt, mit der der Katheter imprägniert wird.

Ziel der Imprägnierung ist es, das Infektionsrisiko zu senken, da das Antibiotikum dann direkt am Ort des Geschehens wirken kann. Dadurch sollen auch die Nebenwirkungen gering gehalten werden, trotz einer kontinuierlichen Abgabe der Antibiotika-Kombination über vier Wochen. Die eigentliche Abgabe an die Umgebung erfolgt länger, aber für den Zeitraum von vier Wochen wird eine gesichert wirksame Dosis abgegeben (Will 2004).

Rifampicin

Rifampicin gehört in der Gruppe der Antituberkulotika zu den Ansamycinen.

Es ist ein partialsynthetisches Abwandlungsprodukt des aus Kulturen von *Streptomyces mediterranei* gewonnenen Rifamycins SV.

Rifampicin hat ein breites Wirkungsspektrum. Neben Tuberkelbakterien umfasst es atypische Mykobakterien, *M. leprae*, gram-negative Bakterien und Kokken.

Der Wirkungsmechanismus beruht auf einer Hemmung der bakteriellen RNA-Polymerase. Dadurch wird die Proteinsynthese gestört. Rifampicin wirkt bakterizid auf proliferierende, ruhende und persistierende Keime.

Es hat auch bei systemischer Gabe eine gute Verträglichkeit. Bekannte Nebenwirkungen sind Leberfunktionsstörungen, gastrointestinale Beschwerden und allergische Reaktionen.

Bei den antibiotikaimprägnierten Kathetern wird das Antibiotikum jedoch nur lokal abgegeben, d. h. die systemische Konzentration ist extrem gering.

Clindamycin

Clindamycin stammt aus der Gruppe der Lincosamide. Sie werden aus *Streptomyces*-stämmen isoliert.

Lincosamide hemmen die Proteinsynthese der Bakterien durch Anlagerung an die 50S Untereinheit der Ribosomen.

Clindamycin wirkt bakteriostatisch auf aerobe (Streptokokken) und anaerobe gram-positive (Propionibakterien) und gram-negative Keime (Legionellen, Hämophilus).

Von Bedeutung ist die gute Wirkung auf Staphylokokken und gram-negative Keime.

Es kommt auch bei systemischer Gabe selten zu einer Resistenzentwicklung, allerdings besteht eine partielle Kreuzresistenz zu Makroliden.

Clindamycin wird in großem Umfang biotransformiert und auch diese Metaboliten sind zum Großteil antibakteriell wirksam.

Als Nebenwirkungen bei systemischer Anwendung sind bekannt: gastrointestinale Störungen, selten Leukopenien, selten Leberschädigungen. Zudem kann es zur pseudomembranösen Kolitis kommen. (Mutschler 2001)

4.5. Katheterbeschreibung:

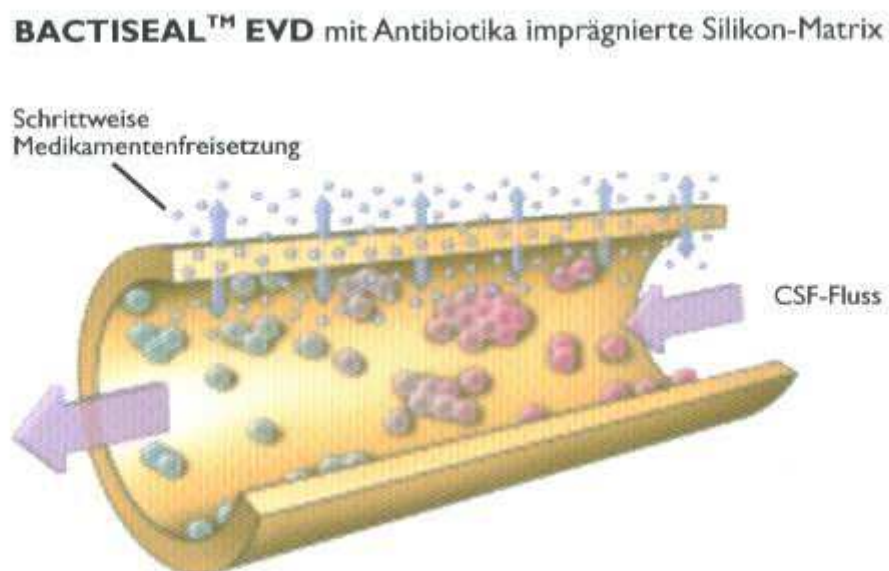


Abb. 1

Bei dem Bactiseal-Katheter handelt es sich um einen antimikrobiell imprägnierten Katheter, der die Antibiotika-Kombination über einen längeren Zeitraum (vier Wochen) kontinuierlich abgibt.

Die Bakterien, die hauptsächlich eine Shuntinfektion verursachen, wurden auf Seite 18 beschrieben.

Darauf abgestimmt enthält der imprägnierte Katheter in seiner Silikonstruktur Rifampicin und Clindamycin. Da die Antibiotika kontinuierlich an die Umgebung abgegeben werden, soll eine Adhäsion gram-positiver Bakterien innerhalb der ersten 28 Tage, in denen typischerweise die meisten Infektionen auftreten, verhindert werden.

Durch die genau berechnete Konzentration von 0,15% Clindamycin und 0,054% Rifampicin ist die Wirksamkeit über 28 Tage erwiesen, wobei auch danach noch

Antibiotika abgegeben werden und gleichzeitig soll die antibiotische Resistenz nicht erhöht werden.

Während der Herstellung wird der Katheter gedehnt, wobei die Antibiotika in die Silikonmatrix eindringen. Durch Diffusion nach außen wird über mindestens 28 Tage die oben beschriebene Antibiotika-Kombination abgegeben.

Die niedrige Abgabemenge hat folgende Vorteile:

- erwiesene Wirksamkeit
- Verminderung der Resistenzentwicklung
- geringe Toxizität

Zusätzlich werden die Katheter weich und biegsam hergestellt, um neben dem antibiotischen Schutz auch das Gewebstrauma während Platzierung, Handhabung und Liegezeit auf ein Minimum zu reduzieren. Denn je weicher das Kathetermaterial ist, desto geringer sind die sekundären Gewebsschäden. Zudem ist eine glatte Oberfläche wichtig, damit sich Stoffe nicht so stark ablagern und damit auch die bakterielle Adhäsion erschwert wird. (Schierholz 1998)

4.6. Definition einer katheter-assoziierten Infektion

Es gibt klinische Kriterien, die für eine katheter-assoziierte Infektion sprechen. Dies sind pathophysiologische Reaktionen des Patienten (z. B. Fieber) gegen den bakteriell kolonisierten Katheter bei Ausschluß anderer Infektionsherde. Nach Entfernung des Katheters klingen die Symptome meist ab.

Als mikrobiologisches Kriterium gilt der Erregernachweis an einem Kathetersegment bzw. ein Keimnachweis am Kathetersegment über dem methodenspezifischen Grenzwert.

Unterschieden werden:

katheter-assoziierte Bakteriämie = Infektion mit Nachweis des identischen pathogenen Mikroorganismus am Katheter und in der Blutkultur

katheter-assoziierte Sepsis = katheter-assoziierte Bakteriämie mit den klinischen Zeichen einer Sepsis

Lokalinfektion = Zeichen einer Infektion an der Kathetereintrittsstelle bzw. der Haut über dem Shuntverlauf

Hinweis auf eine Katheter-Kolonisation ist ein mikrobiologischer Nachweis von Keimwachstum auf der inneren und äußeren Katheteroberfläche unterhalb des methodenspezifischen Grenzwertes. (Bach 1996)

4.7. Therapie der Shuntinfektion

Therapeutisch wird sofort eine antimikrobielle Behandlung eingeleitet (nach Entnahme des Materials für mikrobielle Untersuchungen).

Das Therapieschema besteht aus einer Dreierkombination mit Vancomycin, Rifampicin und Ceftriaxon.

Bei weiterer Shuntpflicht gibt es folgende Möglichkeiten:

- einzeitiger Wechsel des Shuntsystems unter hochdosierter Antibiose
- -Shuntentfernung, vorübergehende externe Liquordrainage und erneute Shuntimplantation bei keimfreiem Liquor
- intravenöse Antibiose über 3-6 Wochen ohne Shuntwechsel

Prognostisch am günstigsten ist der zweizeitige Wechsel mit vorübergehender externer Drainage (Heilungsrate > 90%), gefolgt vom einzeitigen Wechsel (Heilungsrate bei 70%) und systemischer Therapie (Heilungsrate etwa 40%). (Zimmerli 1999)

5. Ergebnisse

5.1. Allgemeine Beschreibung der Daten

5.1.1. Implantationshäufigkeit der Katheter von 2000-2002

Im Beobachtungszeitraum von Januar 2000 bis Dezember 2002 wurden zwei verschiedene Katheterarten implantiert.

Zum einen der herkömmliche native Katheter und zum anderen der antibiotika-imprägnierte Katheter (Bactiseal-Katheter). Dieser imprägnierte Katheter wurde 2000 erstmals eingeführt.

Insgesamt wurden Implantationen an 257 Patienten ausgewertet.

Im Jahr 2000 wurden 64 Shuntoperationen durchgeführt, wobei bei zwei Patienten der antibiotika-beschichtete Katheter implantiert wurde. Dies entspricht einem Anteil von 3,1 %.

Im Jahr 2001 waren es 95 Operationen. Der Anteil der beschichteten Katheter stieg auf 32,6%, d. h. sie wurden bei 31 Patienten implantiert.

Im darauf folgenden Jahr 2002, in dem 97 Operationen durchgeführt wurden, erhöhte sich der Anteil schon auf 52,6%. Dies bedeutet, dass 51 Patienten den imprägnierten Shunt implantiert bekamen.

Die folgende Grafik stellt die Implantationshäufigkeit der beiden Katheterarten im Verlauf der drei Jahre dar.

Implantationshäufigkeit von 2000 bis 2002:

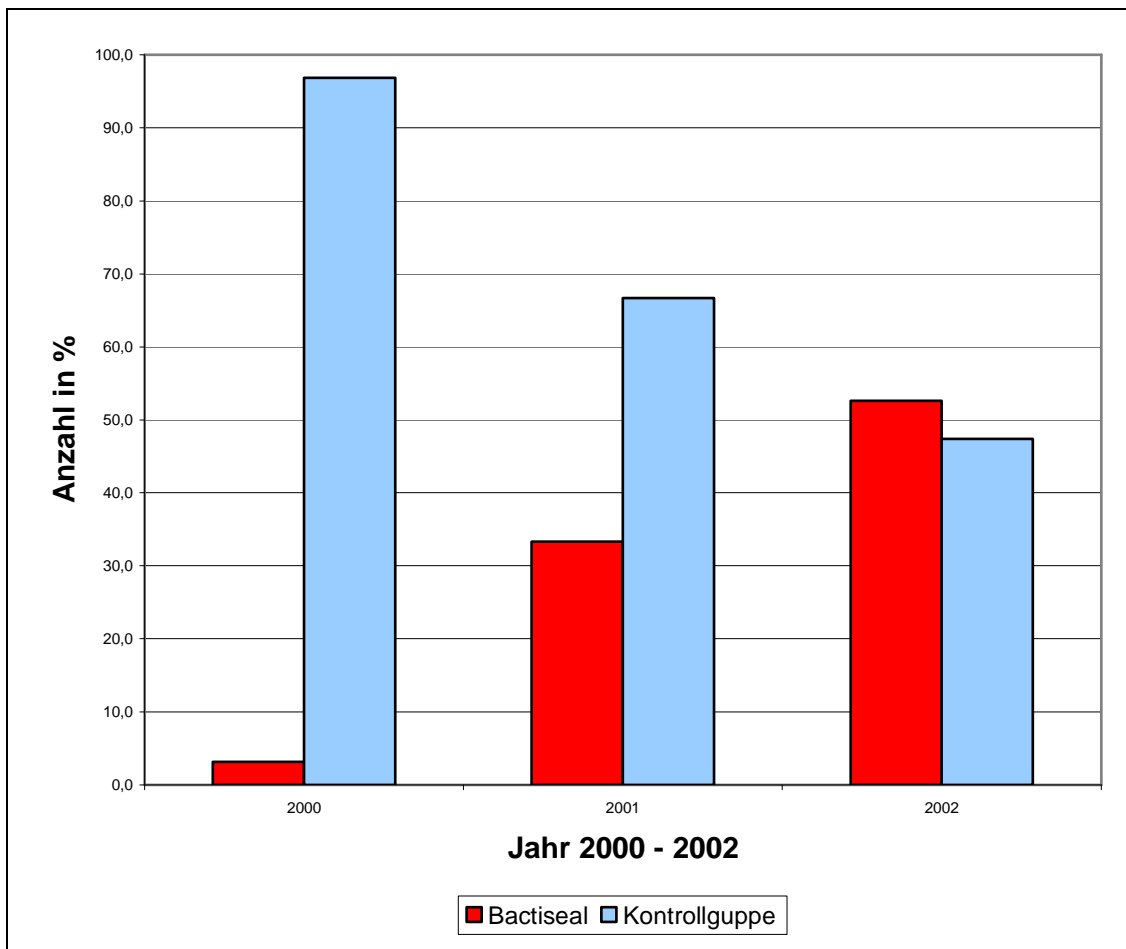


Abb. 2

Es zeigt sich ein deutlicher prozentualer Anstieg in der Implantationshäufigkeit des antibiotikabeschichteten Katheters. Von anfänglich 3,1% konnte ein Anstieg über 32,6% im Jahr 2001 auf schließlich 52,6% im Jahr 2002 verzeichnet werden.

Dementsprechend sank der Gebrauch der nativen Katheter von 96,9% über 67,4% auf letztlich 47,4% am Ende des Beobachtungszeitraums.

Implantationshäufigkeit:

	Gesamtzahl	Imprägnierter Katheter	Anzahl in %	Nativer Katheter	Anzahl in %
2000	64	2	3,1	62	96,9
2001	96	32	33,3	64	66,7
2002	97	51	52,6	46	47,4

Tab. 1

5.1.2. Aktenauswertung

Bei der Auswertung von insgesamt 267 Akten ließen sich bei sechs Patienten die Akten bzw. die entsprechenden Dokumente nicht auffinden, zwei Patienten waren im Kollektiv, erhielten aber eine andere Operation, bei zwei weiteren Patienten wurde die entscheidende Operation schon 1999 durchgeführt. Damit wurden sie in der Auswertung nicht berücksichtigt.

In die jetzige Auswertung kamen somit 257 Patienten, von denen 85 einen imprägnierten Katheter bekamen. Die 172 Patienten mit nativen Kathetern bilden die Kontrollgruppe.

5.1.3. Diagnosegruppen

Um die vielen verschiedenen Ursachen des Symptoms Hydrocephalus berücksichtigen zu können, wurden die Patienten in verschiedene Diagnosegruppen unterteilt. Diese entsprechen den häufigsten Ursachen, die zu der notwendigen Operation geführt haben. Falls eine Grunderkrankung besteht, kann diese der Grund für einige auftretende Komplikationen oder das Versterben eines Patienten sein.

Es wurden sieben Diagnosegruppen gebildet: Erwachsene, Kinder, Patienten mit Hirntumor, angeborener Fehlbildung, Normaldruckhydrocephalus, Blutung

und Schädel-Hirn-Trauma. Diesen Gruppen wurden dann die implantierten Katheterarten zugeordnet.

Diagnosegruppen:

	Anzahl	Anzahl in Prozent
Tumore	61	23,7
Fehlbildungen	42	16,3
Normaldruckhydrocephalus	25	9,7
Hirnblutung	69	26,8
Schädel-Hirn-Trauma	18	7,0
Erwachsene	26	10,1
Kinder	16	6,2

Tab. 2

In die Gruppen „Erwachsene“ und „Kinder“ wurden die Patienten eingeordnet, die in keine andere Gruppe eingeteilt werden konnten.

Am häufigsten, mit einem Anteil von 26,8%, waren Patienten mit Blutungen, gefolgt von Tumorpatienten mit 23,7% sowie Patienten mit angeborenen Fehlbildungen mit 16,3%.

Die Gruppen „Normaldruckhydrocephalus“, „Schädel-Hirn-Trauma“, „Erwachsene“ und „Kinder“ haben jeweils eine ähnlich hohe Anzahl von Patienten.

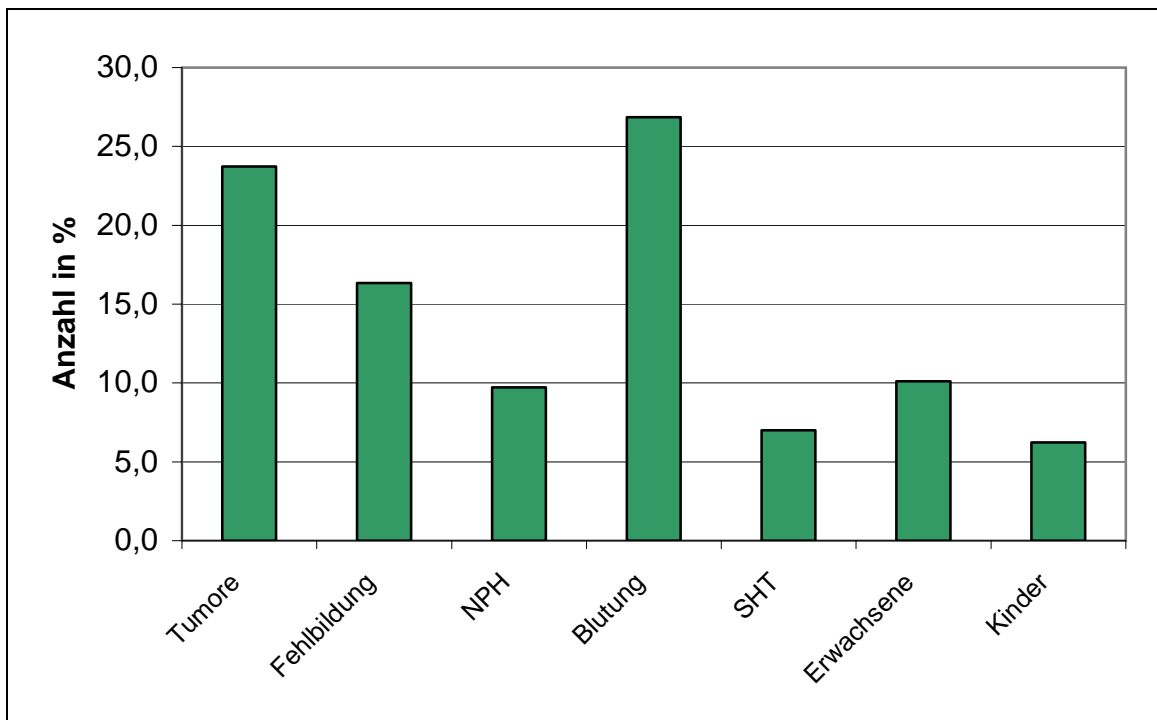
Diagnosegruppen:

Abb. 3

5.1.4 Alters- und Geschlechtsverteilung

Altersverteilung in Prozent:

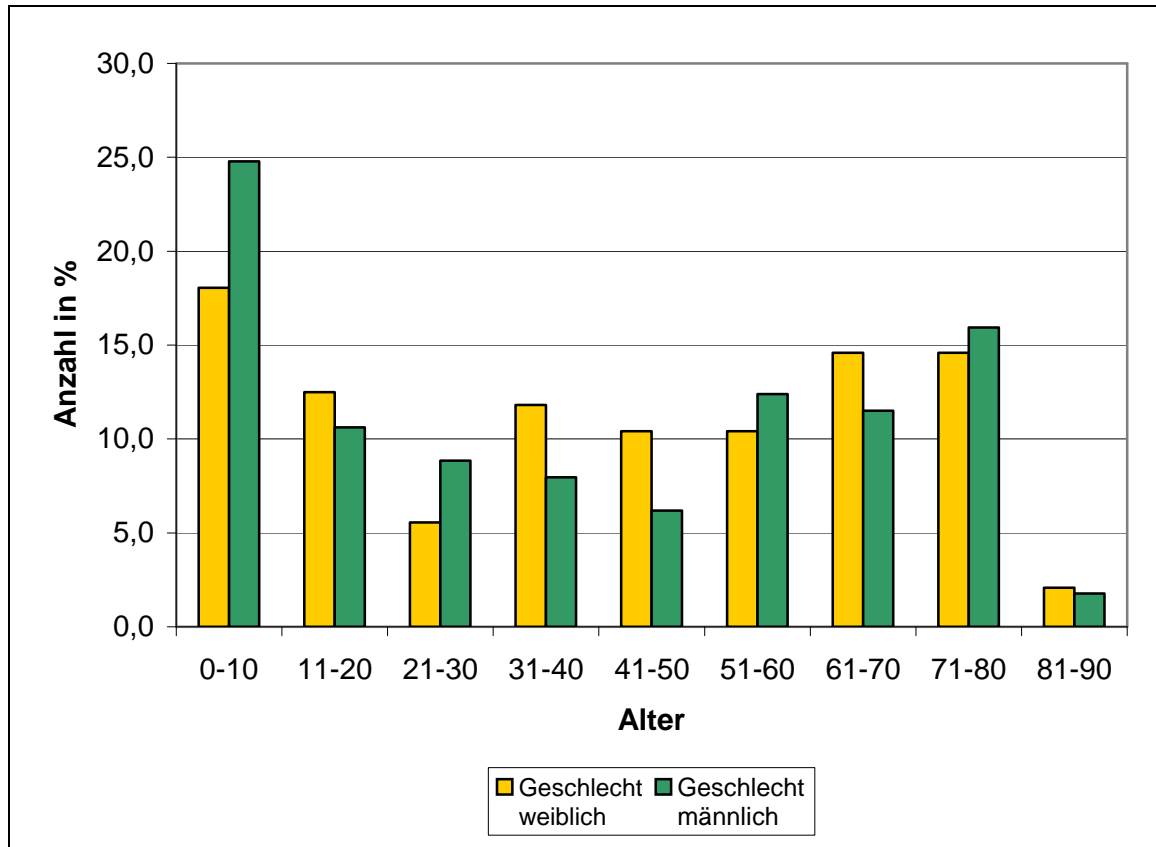


Abb. 4

Altersverteilung der weiblichen Patienten:

Alter	Imprägnierter Katheter	% imprägn. Katheter	Nativer Katheter	% native Katheter	Gesamt	% Gesamt
0-10	12	14	14	8,1	26	10,1
11-20	7	8,2	11	6,4	18	7
21-30	1	1,2	7	8,2	8	3,1
31-40	4	4,7	13	7,6	17	6,6
41-50	7	8,2	8	4,7	15	5,8
51-60	5	5,9	10	5,8	15	5,8
61-70	7	8,2	14	8,1	21	8,2
71-80	3	3,5	18	10,5	21	8,2
81-90	1	1,2	2	1,2	3	1,2

Tab. 3

Altersverteilung der männlichen Patienten:

Alter	Imprägnierter Katheter	% impr. Katheter	Nativer Katheter	% nativer Katheter	Gesamt	% Gesamt
0-10	14	16,5	14	8,1	28	10,9
11-20	2	2,4	10	5,8	12	4,7
21-30	6	7,1	4	2,3	10	3,9
31-40	4	4,7	5	2,9	9	3,5
41-50	1	1,2	6	3,5	7	2,7
51-60	4	4,7	10	5,8	14	5,4
61-70	4	4,7	9	5,2	13	5,1
71-80	3	3,5	16	9,3	18	7
81-90	0		2	1,2	2	0,8

Tab. 4

Es wurden die Daten von 144 Patientinnen und 113 Patienten ausgewertet.

Von den Frauen erhielten 47 einen antibiotika-imprägnierten Katheter. Von den Männern waren dies 38. Damit wird der antibiotika-imprägnierte Katheter bei Frauen (32,8%) und Männern (33,6%) etwa gleich häufig eingesetzt.

Bei beiden Geschlechtern zeigen sich mehrere Häufigkeitsgipfel bezüglich der gesamten Implantationshäufigkeit, jeweils im Alter von 0-10, dann bei den Frauen noch im Alter von 61-70 und 71-80. Bei den Männern beschränkt sich der zweite Häufigkeitsgipfel auf die Gruppe der 71-80 Jährigen. (Abb. 6) Aus den Tabellen 3 und 4 wird ersichtlich, dass der imprägnierte Katheter vor allem in der Gruppe der 0 – 10 Jährigen angewandt wird. Bei den weiblichen Patientin wurden 14% der imprägnierten Kathetern in dieser Gruppe verwendet, bei den männlichen Patienten waren dies 16,5%.

Altersverteilung in Patientengruppen mit imprägnierten Katheter und Kontrollgruppe:

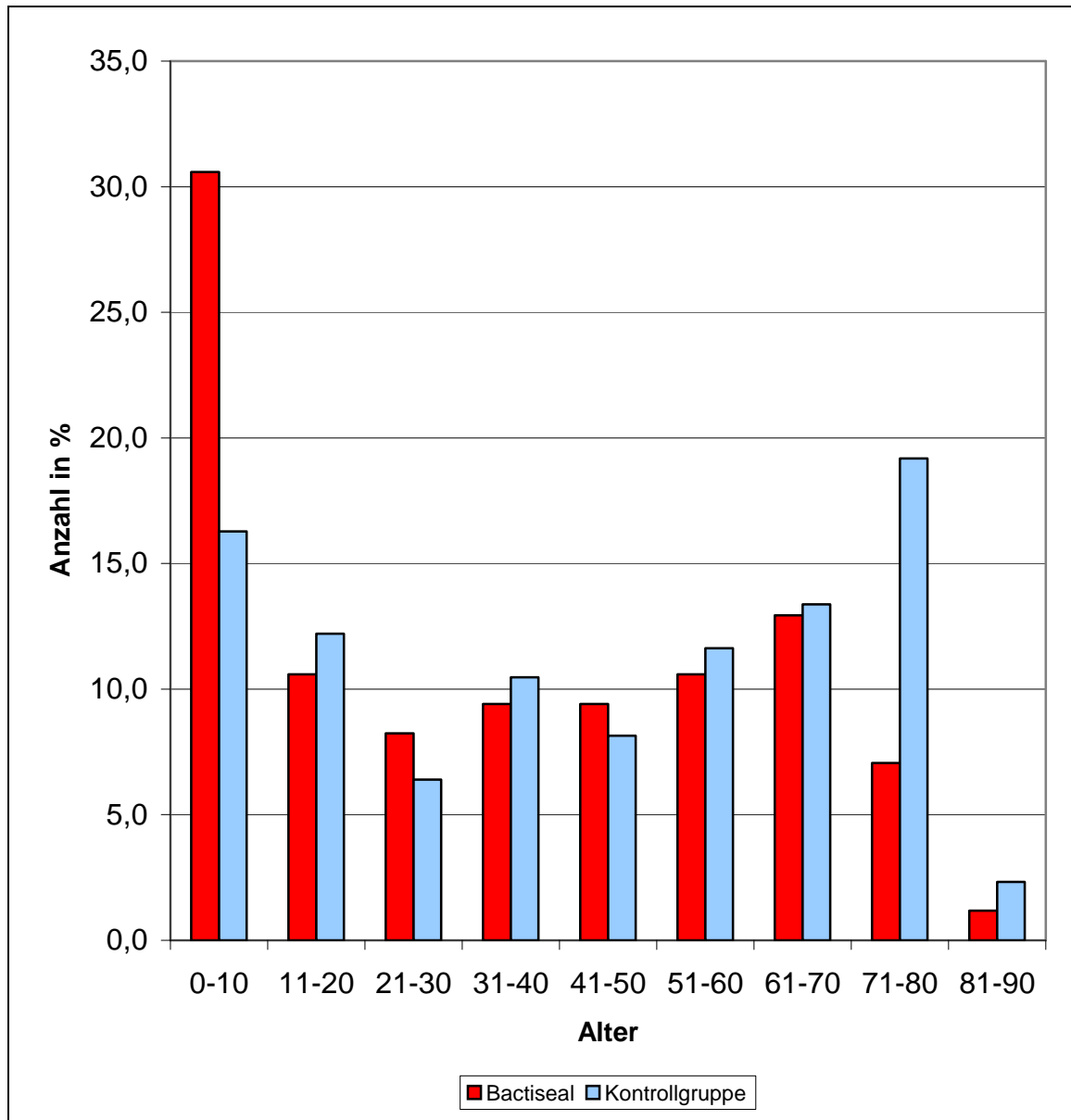


Abb. 5

Hier zeigt sich, dass der imprägnierte Katheter bevorzugt bei kleinen Kindern (Altersgruppe 0-10 Jahre) angewandt wurde. Bei den sehr alten Patienten entschieden sich die Operateure in der Mehrzahl der Fälle für den nativen Katheter.

Geschlechtsverteilung in Vergleichs- und Kontrollgruppe:

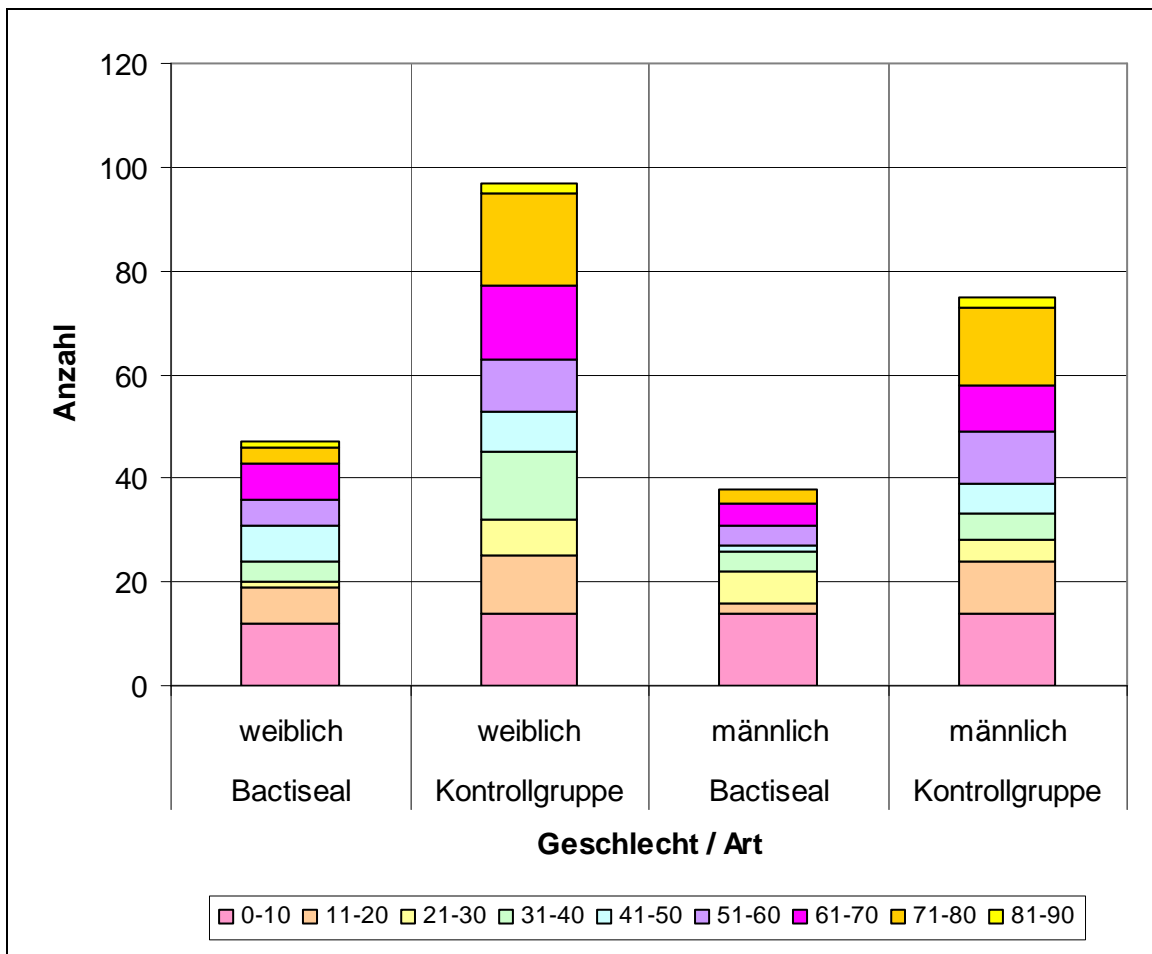


Abb. 6

Patienten, die einen antibiotika-imprägnierten Katheter implantiert bekamen, waren im Mittelwert 33 Jahre alt (Standardabweichung 26). Aufgeteilt nach Männern und Frauen waren die Frauen im Mittel 35 Jahre alt (Standardabweichung 26) und die Männer 29 Jahre (Standardabweichung 25). In der Kontrollgruppe lag der Mittelwert mit 43 Jahren (Standardabweichung 27) höher als in der anderen Gruppe. Die Frauen waren im Mittel 43 (Standardabweichung 26) und die Männer 42 (Standardabweichung 28) Jahre alt.

5.1.5. Pathogenese und Pathophysiologie

5.1.5.1. Pathogenese

Es wurde eine Unterscheidung zwischen angeborenem und erworbenem Hydrocephalus getroffen.

Dabei wurden bei 76 Implantationen ein angeborener Hydrocephalus und bei 180 Implantationen ein erworbener Hydrocephalus diagnostiziert. Bei einem Patienten konnte die Pathogenese nicht geklärt werden.

Pathogenese:

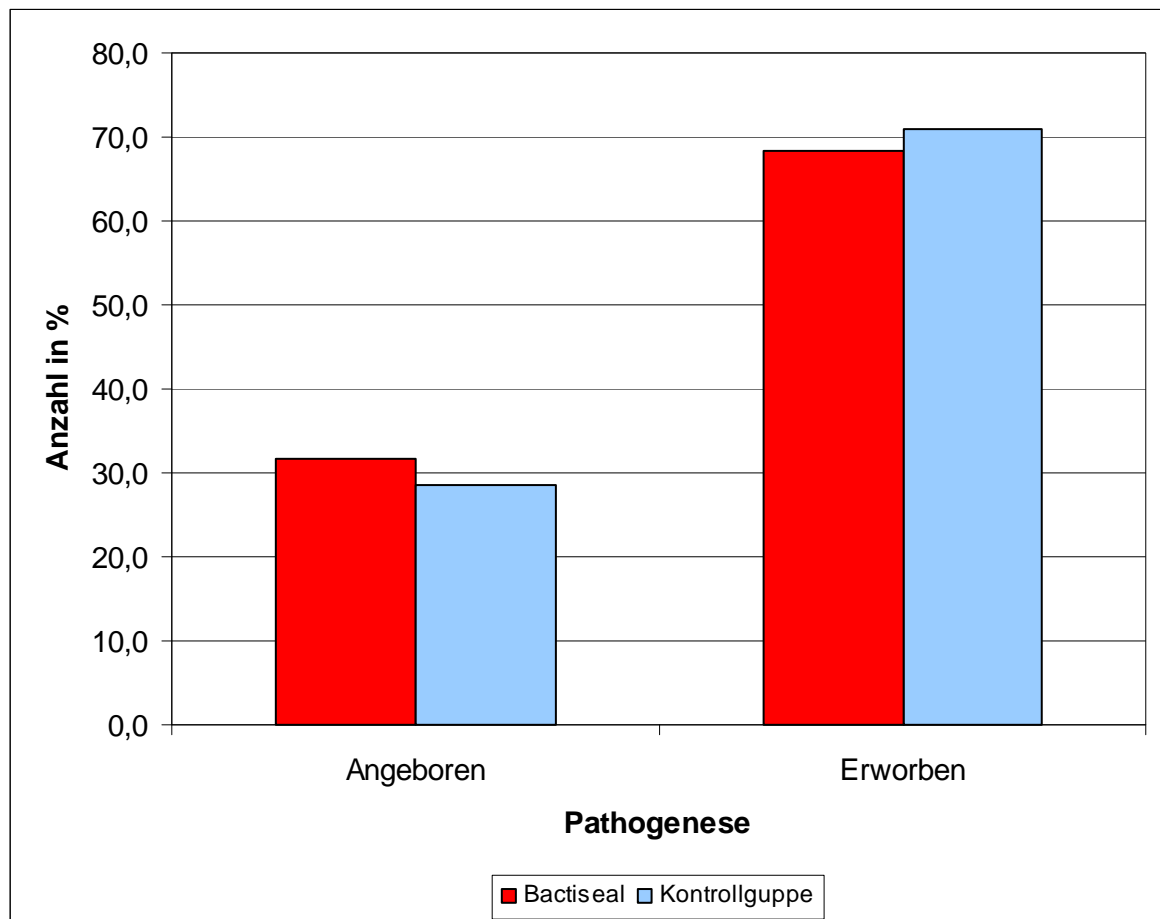


Abb. 7

In der Gruppe mit angeborenem Hydrocephalus wurde bei 27 Patienten ein imprägnierter Katheter und bei 49 Patienten ein nativer Katheter implantiert. Dies entspricht einer Verteilung innerhalb der Gruppe des angeborenen Hydrocephalus von 35,5% imprägnierte Katheter zu 64,5% native Katheter.

Bei der Gruppe mit erworbenem Hydrocephalus bekamen 58 Patienten einen imprägnierten Katheter implantiert und 122 einen nativen Katheter. Damit entfallen in der Gruppe der erworbenen Hydrocephalus 32,2% auf die imprägnierten und 67,8% auf die nativen Katheter.

Der einzige Patient, bei dem die Pathogenese nicht zu eruieren war, wurde mit einem nativen Katheter behandelt.

Innerhalb der Bactiseal- und Kontrollgruppe unterschied sich die Verteilung nicht wesentlich. Von den Patientin, die einen imprägnierten Katheter erhielten hatten 32% einen angeborenen und 68% einen erworbenen Hydrocephalus. In der Kontrollgruppe waren es 28,5% mit angeborenem und 70,9% mit erworbenem Hydrocephalus.

Pathogenese:

	Bactiseal	% Bactiseal	Kontroll- gruppe	% nativer Katheter	Gesamt
Angeboren	27	32	49	28,5	76
Erworben	58	68	122	70,9	180
Andere	0	0	1	0,6	1

Tab. 5

5.1.5.2. Pathophysiologie

In der Pathophysiologie gab es ebenfalls zwei Gruppen. Unterschieden wurde zwischen Hydrocephalus mal-/ aresorptivus und Hydrocephalus occlusus.

Am häufigsten war der Hydrocephalus mal-/ aresorptivus mit 164 Patienten, bei 84 Patienten wurde ein Hydrocephalus occlusus diagnostiziert und bei neun Patienten war die Pathophysiologie unbekannt.

Pathophysiologie des Hydrocephalus:

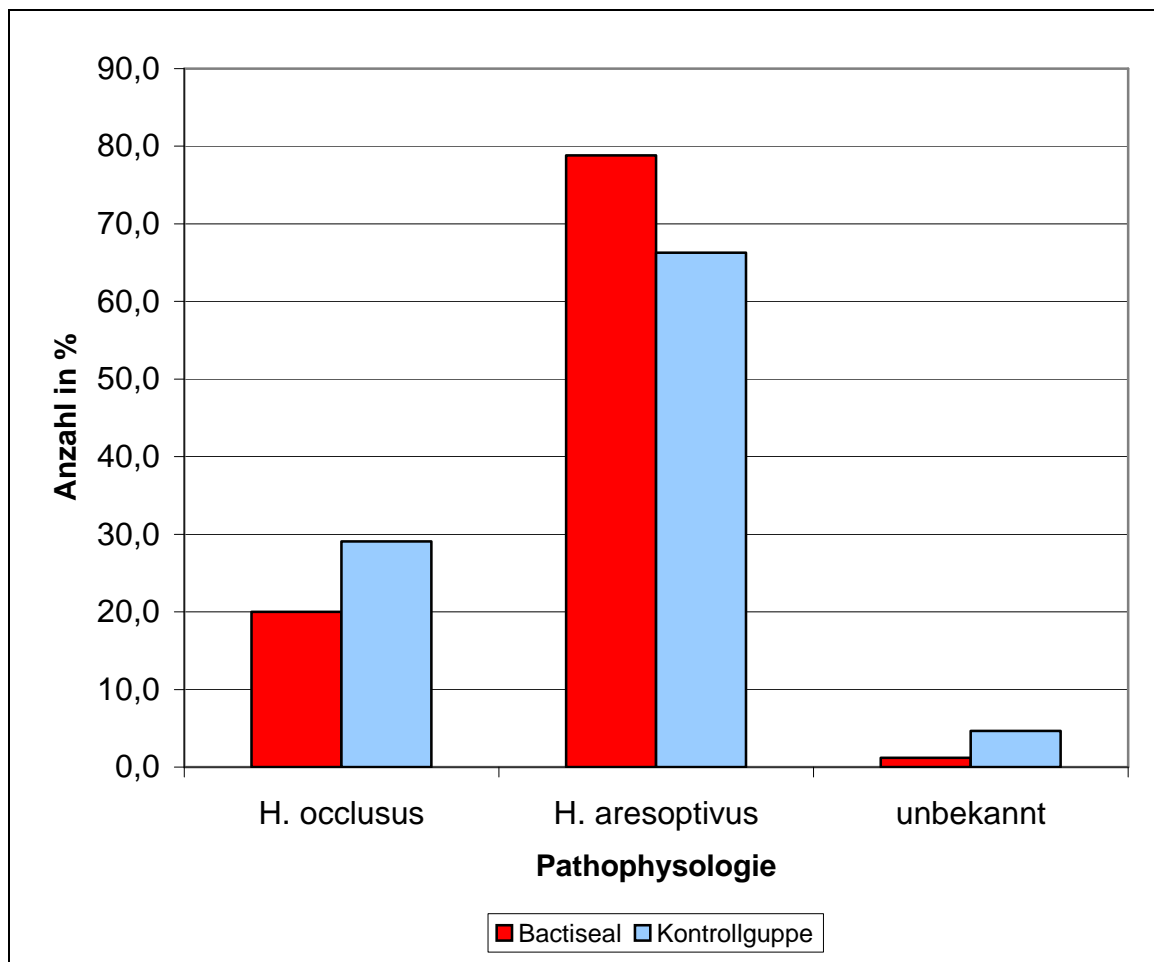


Abb. 8

In der Gruppe des Hydrocephalus mal-/ aresorptivus wurden 67 imprägnierte Katheter implantiert, bei 114 Patienten wurde der native Katheter verwendet.

Beim Hydrocephalus occlusus bekamen 17 den imprägnierten Katheter und 50 den nativen Katheter implantiert.

Damit erhielten in der Gruppe des Hydrocephalus occlusus 25,4% einen imprägnierten, 74,6% einen nativen Katheter.

Auch in der Gruppe des Hydrocephalus aresorptivus war der Anteil der nativen Katheter mit 63% deutlich höher als der Anteil der imprägnierten Katheter (37%).

Die Gruppe, in der die Pathophysiologie nicht bekannt ist, teilt sich auf in 11,1% imprägnierte und 88,9% native Katheter.

In der Bactisealgruppe sieht die Verteilung so aus, dass 20% einen H. occlusus, 79% einen H. aresorptivus und 1% einen Hydrocephalus mit unbekannter Pathophysiologie haben. In der Kontrollgruppe sind dies 29,1% mit H. occlusus, 66,3% mit H. aresorptivus und 4,7% mit einer unbekannter Pathophysiologie.

Pathophysiologie:

	H. oc- clusus	%	H. a- resorptivus	%	Unbe- kannt	%	Gesam- t
Bactiseal	17	20	67	79	1	1	85
Kontrollgruppe	50	29, 1	114	66, 3	8	4, 7	172

Tab. 6

5.1.6. Shuntoperation

Es gibt drei verschiedene Arten der Shuntanlage.

Zum einen die Shuntanlage als Erstimplantation, die Revision (also der Wechsel eines bereits liegenden Shunts) und die Neuimplantation (nach einer schon länger vorausgegangenen Entfernung des vorherigen Shunts).

117 Patienten bekamen eine Revision, bei 24 Patienten fand eine Neuanlage statt und bei 116 Patienten wurde eine Erstimplantation durchgeführt.

Operationsarten:

	Bactiseal	%	Kontrollgruppe	%	Gesamt
Revision	36	42	81	47,1	117
Neuanlage	8	9	16	9,3	24
Erstimplantation	41	48	75	43,6	116

Tab. 7

Operationsarten bei den Vergleichsgruppen:

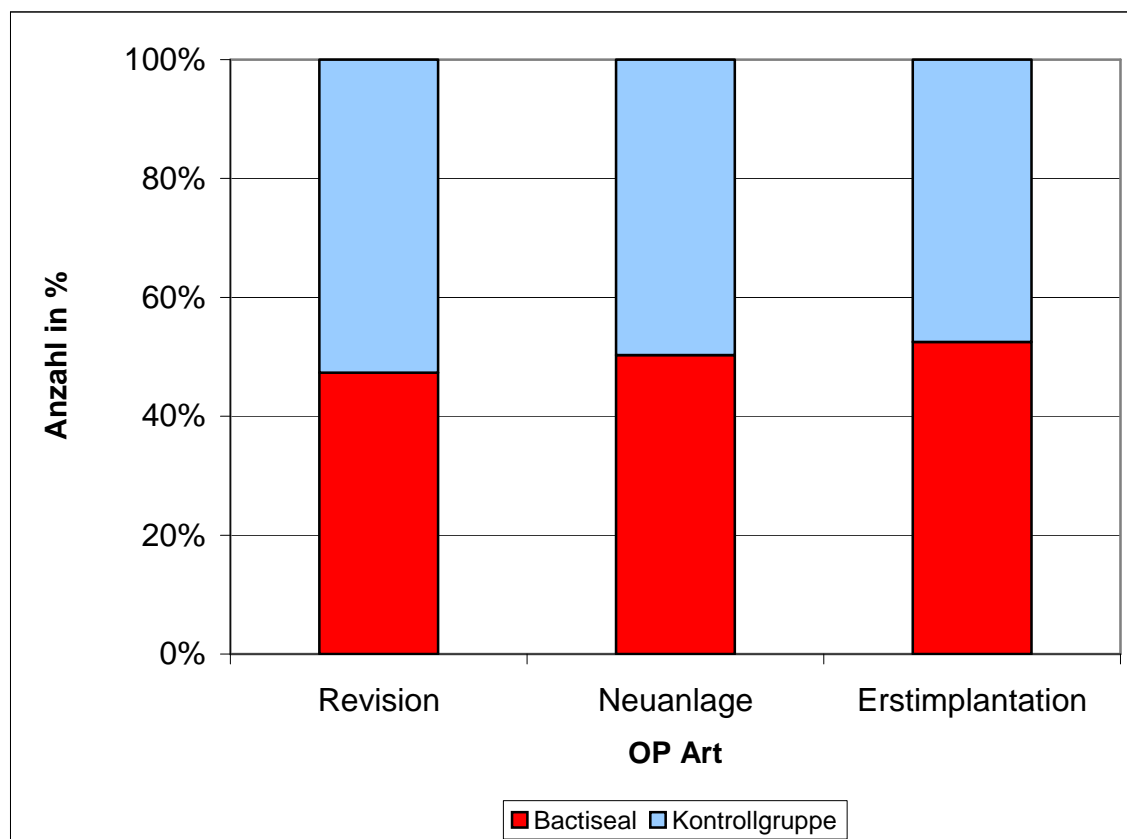


Abb. 9

Auch hier fand wieder eine Zuordnung zu den zwei Katheterarten statt.

Aus der Gruppe der Erstimplantationen bekamen 41 Patienten den imprägnierten Shunt, 75 den nativen Katheter implantiert. In der Gruppe der Revision waren es 36 mit imprägnierten und 81 mit nativem Katheter. Bei den Neuanlagen waren es acht mit imprägniertem und 16 mit nativem Katheter.

Damit wurden von den Erstimplantationen 35,3% mit imprägnierten Kathetern versorgt, der Rest von 64,7% mit nativen Kathetern.

Bei den Revisionen bekamen 30,8% einen imprägnierten Katheter implantiert und 69,2 einen nativen.

Auch bei den Neuanlagen fällt die Verteilung ähnlich aus. Hier wurde bei 33,3% der imprägnierte Katheter verwendet und bei 66,7% der native Katheter implantiert.

Die Verteilung innerhalb der Bactiseal- und Kontrollgruppe zeigt Tabelle 7, auch hier sind die Gruppen ausgeglichen. Der imprägnierte Katheter wurde in 42% bei Revisionen, in 9% bei Neuanlagen und in 48% bei Erstimplantationen verwendet. Der native Katheter wurde in 47,1% der Fälle bei Revisionen, in 9,3% bei Neuanlagen und in 43,6% bei Erstimplantationen angewandt.

5.2. Infektionen

5.2.1. Infektionshäufigkeit

Wie bereits ausgeführt, zählen Infektionen zu den häufigsten Komplikationen. In dem von mir ausgewerteten Kollektiv traten in 52 Fällen Infektionen auf. Dabei wurden in der Gruppe der antibiotika-impregnierten Gruppe 20 Infektionen festgestellt, in der Kontrollgruppe waren es 32 Infektionen.

Infektionshäufigkeit in Prozent:

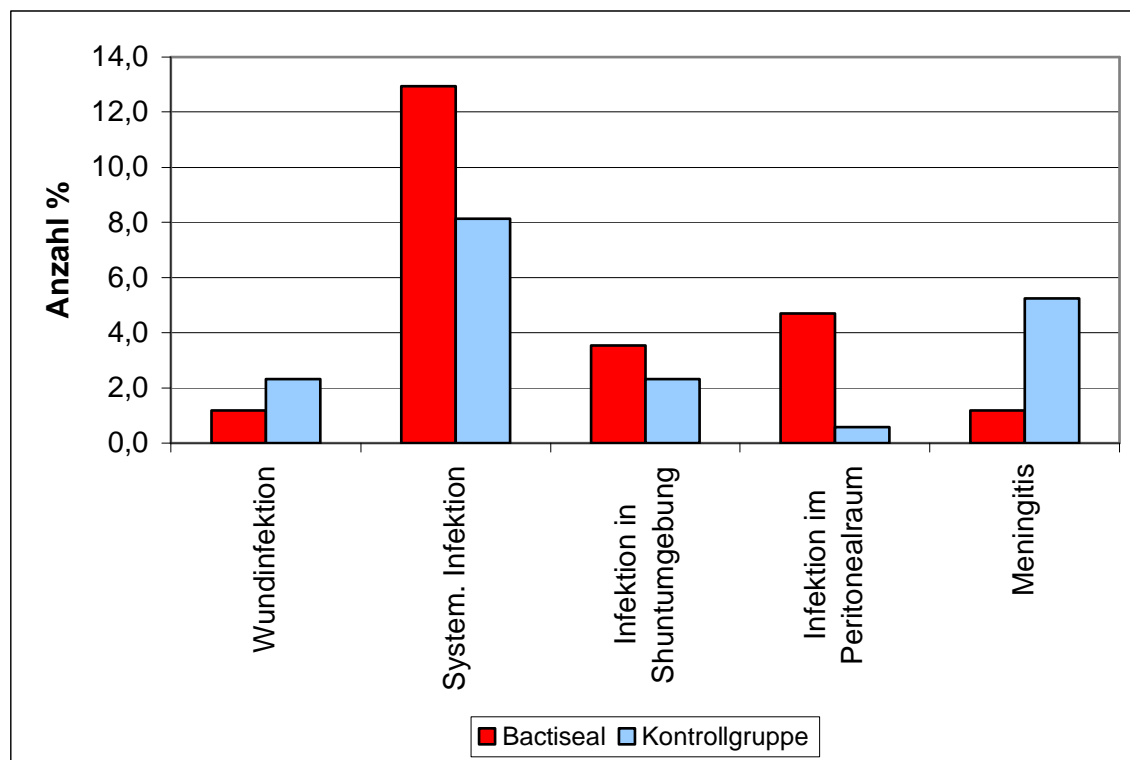


Abb. 10

In diesem Diagramm kann man gut erkennen, dass in beiden Gruppen die systemische Infektion am häufigsten aufgetreten ist. Während jedoch in der Kontrollgruppe die Meningitiden ebenfalls sehr häufig vorgekommen sind, ist in der Gruppe der beschichteten Katheter dort ein sehr starker Rückgang zu

verzeichnen. Die Meningitis ist dort zusammen mit der Wundinfektion die seltenste Infektion geworden.

Dadurch, dass bei den Patienten mit Infektionen oft mehrere Infektionen stattgefunden haben, ist deren Anzahl nicht identisch der Anzahl der Patienten. Falls bei einem Patienten mehrere Infektionen auftraten, wurden diese jeweils als einzelne Infektion gewertet.

Vom Gesamtkollektiv ausgehend traten Infektionen bei 16% der Patienten auf. In der Gruppe der Patienten mit imprägnierten Kathetern waren dies 19 Patienten, also ein Anteil von 7,4%. In der Kontrollgruppe lag der Wert mit 8,6% (22 Patienten) etwas höher.

5.2.2. Infektionsgruppen

Unterschieden wurden bei den Komplikationen 6 Gruppen:

- Wundinfektionen
- Systemische Infektionen
- Infektionen in der Shuntumgebung
- Peritoneale Infektionen
- Meningitis
- Shuntinfektionen

Insgesamt wurden 52 Infektionen festgestellt, die sich wie folgt den Gruppen zuordnen ließen.

Wundinfektion:

Als Wundinfektion wurde eine Infektion der Operationswunde, die sich durch die Entzündungszeichen Rubor, Calor, Dolor, Tumor und Functio laesa zeigte, bezeichnet.

Es traten insgesamt fünf Wundinfektionen (2%) auf. Eine (0,4%) in der Gruppe des beschichteten Shuntkatheter und vier (1,6%) in der Kontrollgruppe.

Systemische Infektion:

Als systemische Infektion wurden gewertet: Fieber über 39°C, Sepsis und schwere Infektionszeichen.

Dies war in beiden Gruppen die häufigste Infektionsart mit elf Infektionen (4,3%) in der Bactisealgruppe und 14 (5,5%) in der Kontrollgruppe.

Insgesamt trat also 25mal (9,8%) eine systemische Infektion auf.

Infektion in der Shuntumgebung

Infektionen der Shuntumgebung sind Infektionen, die sich im Verlauf des implantierten Shuntsystems entwickelten.

Es traten sieben (2,7%) Infektionen in der Shuntumgebung auf, drei (1,2%) in der Vergleichsgruppe und vier (1,5%) in der Kontrollgruppe.

Peritoneale Infektionen

Peritoneale Infektionen sind Infektionen des Bauchraums, die durch den abdominalen Teil des Shuntsystems ausgelöst wurden.

Diese konnten fünfmal (2%) festgestellt werden. Vier davon in der Bactisealgruppe (1,6%) und eine (0,4%) in der Kontrollgruppe.

Meningitis

Eine Meningitis ist eine Infektion der Hirnhäute. Sie wird meist durch Bakterien, seltener auch durch Viren oder Pilze verursacht. Klinisch äußert sie sich durch Fieber, Kopfschmerz, Meningismus, evtl. auch Bewusstseinsstörungen, Krämpfe oder Stauungspapille.

Meningitiden traten insgesamt zehnmal (3,9%) auf. Es ergab sich eine Häufigkeit von einer Meningitis (0,4%) in der Bactisealgruppe und neun Fällen (3,5%) in der Kontrollgruppe

Shuntinfektion

Als Infektionen des Shunts wurden alle Fälle gezählt, bei denen der Shunt aufgrund einer Infektion entfernt werden musste (und danach auch der histologische Beweis dafür erbracht wurde), aber auch diejenigen, bei denen

der Shunt belassen wurde und man eine konservative Therapie anwandte. Auch die Meningitis wurde als Zeichen der Shuntinfektion gewertet. (Will 2004) Von insgesamt 18 Shuntinfektionen entfielen vier auf die Bactisealgruppe (1,6%) und 14 (5,5%) auf die Kontrollgruppe.

Im Überblick ergibt sich also eine Infektionshäufigkeit in der Bactisealgruppe von 20 Fällen, in der Kontrollgruppe traten 32 Infektionen auf.

5.2.3. Früh- und Spätinfektionen

Da die Hersteller des antibiotika-imprägnierten Katheters eine Wirksamkeit über 28 Tage versprechen, wurden die Infektionen in Früh- und Spätinfektionen unterteilt. Daraus soll ersichtlich werden, ob die Infektionshäufigkeit nach den 28 Tagen ansteigt.

Eine Frühinfektion ist definiert als Infektion, die innerhalb von 28 Tagen nach der Operation auftritt. Dementsprechend sind Spätinfektionen alle Infektionen, die nach diesen ersten 28 Tagen aufgetreten sind.

Früh- und Spätinfektionen in der Gruppe mit imprägniertem Katheter:

	Frühinfektion	%	Spätinfektion	%
Wundinfektion	1	1	0	
Systemische Infektion	6	7	5	6
Infektion in Shuntumgebung	2	2	1	1
Peritoneale Infektion	2	2	2	2
Meningitis	1	1	0	
Shuntinfektion	2	2	2	2

Tab. 8

Früh- und Spätinfektionen in der Gruppe mit nativem Katheter:

	Frühinfektion	%	Spätinfektion	%
Wundinfektion	2	1,2	2	1,2
Systemische Infektion	8	4,7	6	3,5
Infektion in Shuntumgebung	0		4	2,3
Peritoneale Infektion	0		1	0,6
Meningitis	7	4,1	2	1,2
Shuntinfektion	7	4,1	5	2,9

Tab. 9

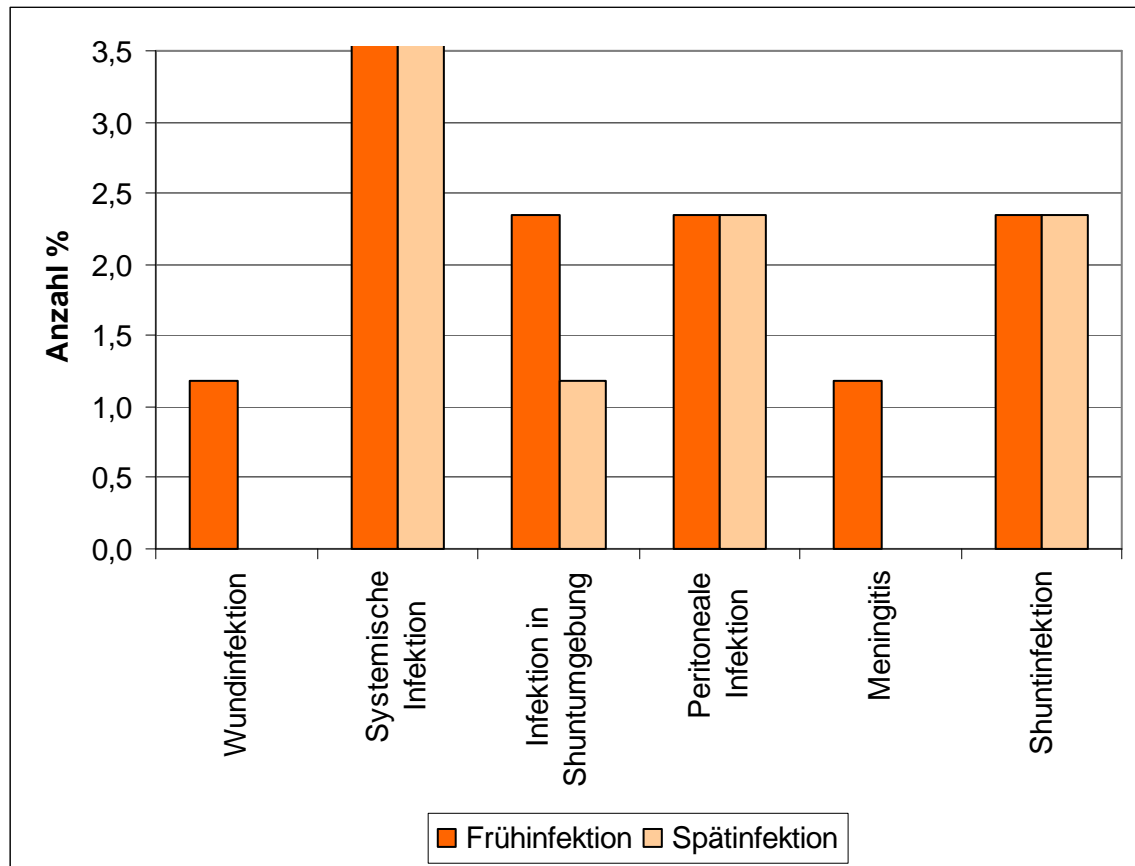
Früh- und Spätinfektionen beim imprägnierten Katheter:

Abb. 11

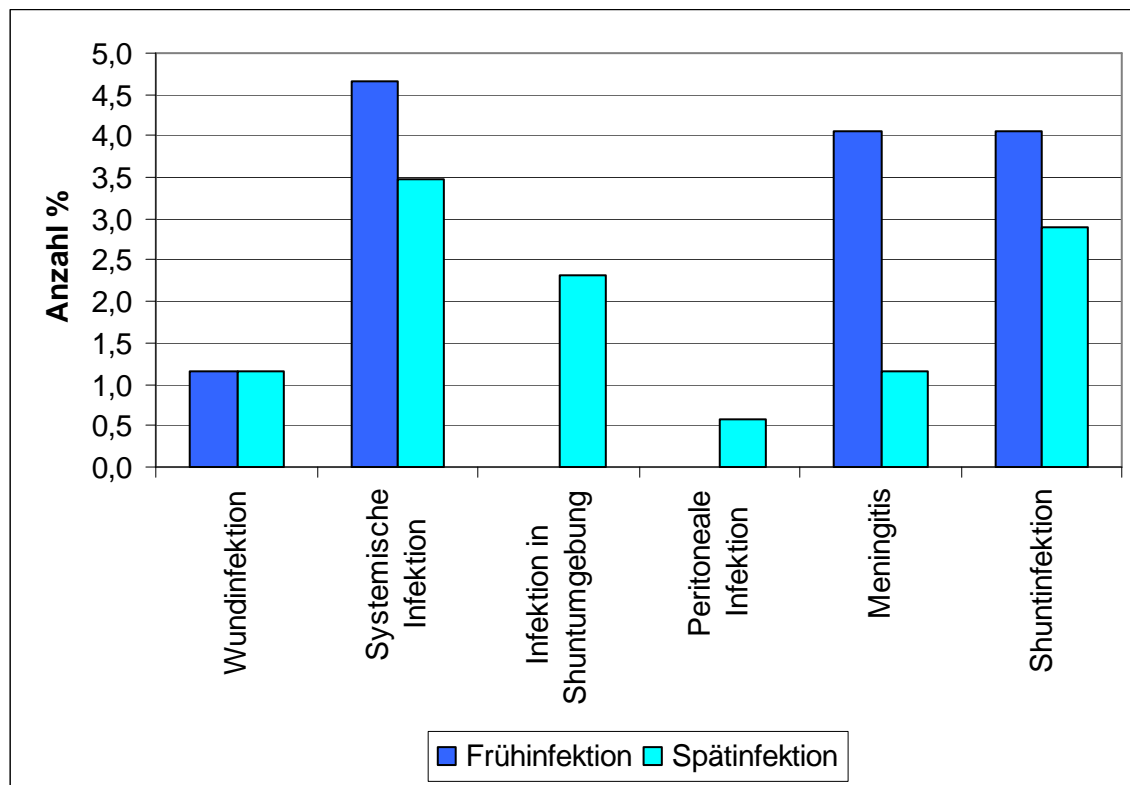
Früh- und Spätinfektionen beim nativen Katheter:

Abb. 12

Aus den Abbildungen 12 und 13 wird ersichtlich, dass bei den beschichteten Kathetern die Infektionsrate insgesamt niedriger ist als in der Kontrollgruppe. Es zeigt sich aber kein signifikanter Unterschied beim Auftreten von Früh- und Spätinfektionen.

5.2.4. Shuntentfernung aufgrund einer Infektion

Shuntentfernung wegen Infektion in Prozent:

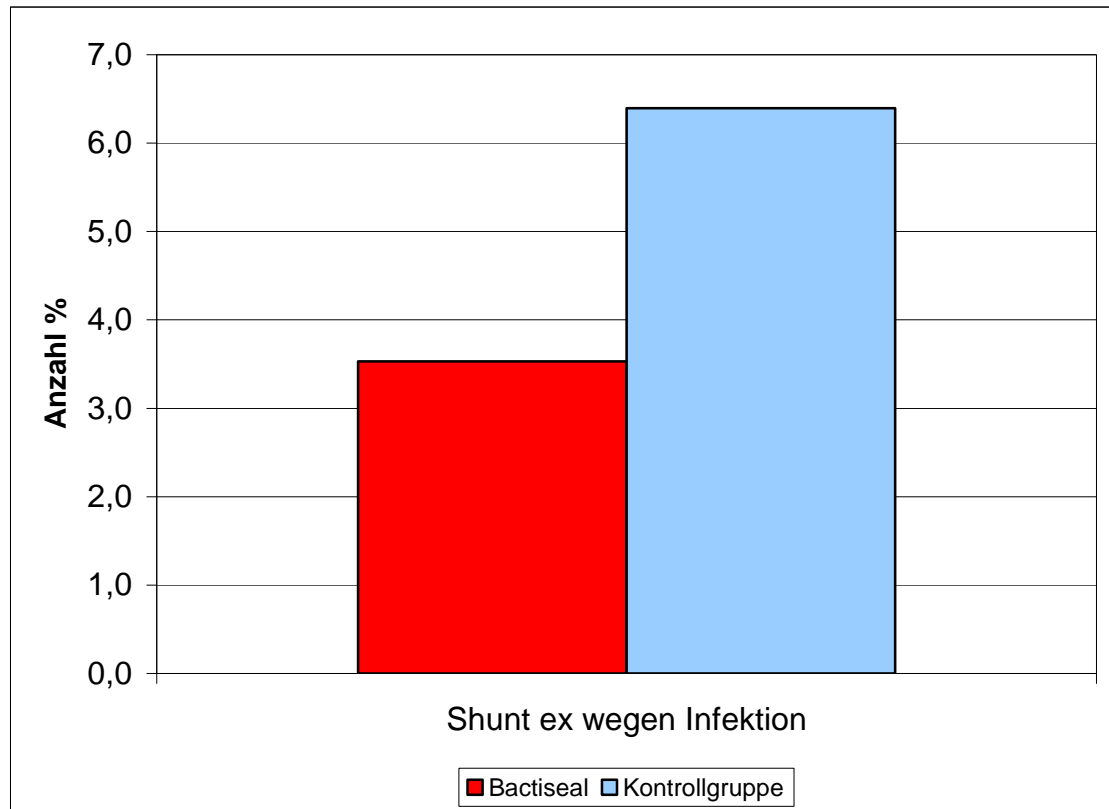


Abb. 13

Shuntentfernung wegen Infektion:

	Bac- tiseal	% Bac- tiseal	Kontroll- gruppe	% KG	Ge- samt	% Gesamt
Shunt ex wegen Infektion	3	3,5	11	6,4	14	5,4

Tab. 10

Drei der imprägnierten Katheter mussten wieder entfernt werden, da sie sich infiziert hatten, bzw. die Patienten Zeichen einer Infektion zeigte, für die keine andere Ursache gefunden wurde.

Innerhalb der imprägnierten Katheter mussten demnach 3,5% aufgrund einer Shuntinfektion entfernt werden, in der Kontrollgruppe lag der Anteil mit 6,4% höher.

5.3. Komplikationen

Es traten verschiedene Komplikationen auf. Ausgewertet wurden hier Wundheilungsstörungen, Blutungen, Überdrainagen, Unterdrainagen, Ventilprobleme, Infektionen und Dysfunktionen.

Komplikationen:

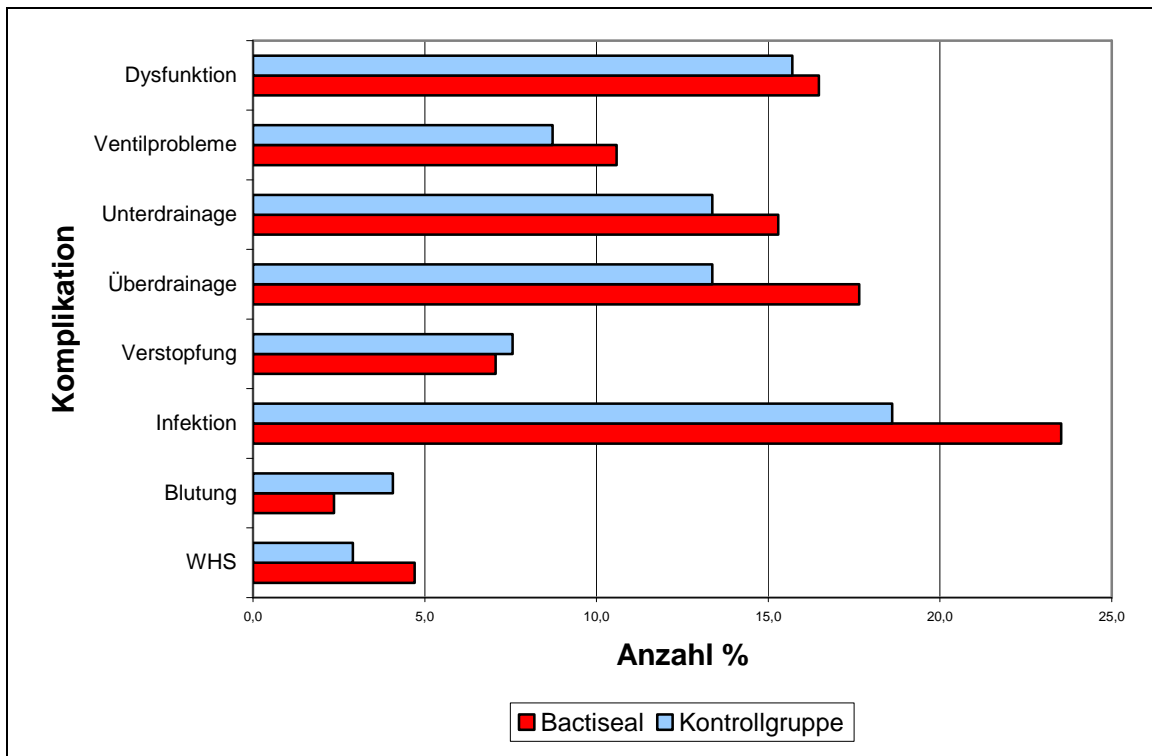


Abb. 14

5.3.1. Frühkomplikationen

Als Frühkomplikationen wurden die Komplikationen gewertet, die innerhalb der ersten vier Wochen nach der Implantation auftraten.

Auch hier wurde nach den schon oben genannten acht Komplikationsgruppen eingeteilt. Es traten insgesamt 144 Frühkomplikationen auf.

Frühkomplikationen (Häufigkeit):

Komplikationsart	Anzahl	Anzahl in Prozent
Wundheilungsstörung	5	3,5
Blutung	7	4,9
Infektion	29	20,1
Verstopfung	14	9,7
Überdrainage	19	13,2
Unterdrainage	24	16,7
Ventilprobleme	17	11,8
Dysfunktion	29	20,1

Tab. 11

Die Shunt-dysfunktion ist zusammen mit der Infektion die häufigste Frühkomplikation. Auch die Unter- und Überdrainage zählen zu den häufigen Komplikationen. Selten dagegen traten eine Blutung und eine Wundheilungsstörung auf. Damit entspricht die Häufigkeit der verschiedenen Komplikationsarten in den ersten vier Wochen der Gesamtverteilung.

Frühkomplikationen:

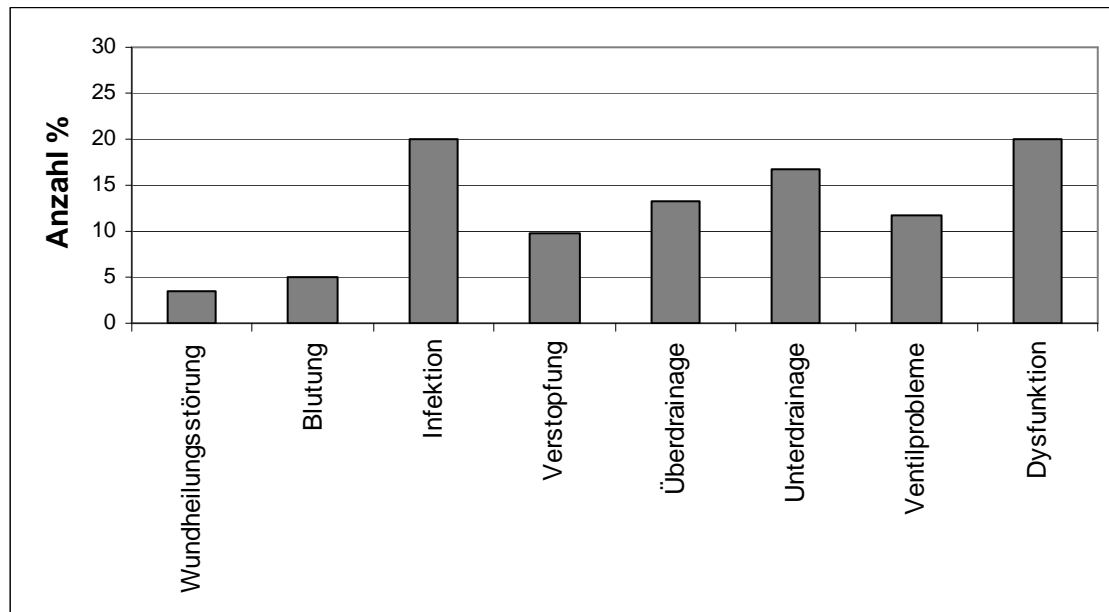


Abb. 15

5.3.2. Spätkomplikationen

Als Spätkomplikation werden alle Komplikationen bezeichnet, die erst nach den ersten vier Wochen nach der Implantation aufgetreten sind.

Die Einteilung ist die gleiche wie bei den Frühkomplikationen. Auch hier wurden in einer Tabelle die Anzahl und die Häufigkeit in Prozent innerhalb der Spätkomplikationen dargestellt. Insgesamt traten 84 Spätkomplikationen auf.

Spätkomplikationen (Häufigkeit):

Komplikationsart	Anzahl	Anzahl in Prozent
Wundheilungsstörung	4	4,7
Blutung	2	2,4
Infektion	23	27,4
Verstopfung	5	6
Überdrainage	19	22,6
Unterdrainage	12	14,3
Ventilprobleme	7	8,3
Dysfunktion	12	14,3

Tab. 12

Spätkomplikationen sind mit einer Häufigkeit von 84 Fällen (36,8% der Komplikationen) seltener aufgetreten als Frühkomplikationen. Die Verteilung der Arten innerhalb der Komplikationen änderte sich nicht. Am häufigsten mit 23mal war die Infektion, gefolgt von Überdrainage, Unterdrainage und Dysfunktion. Ventilprobleme traten siebenmal auf, Wundheilungsstörungen viermal, Blutungen traten nur zweimal auf.

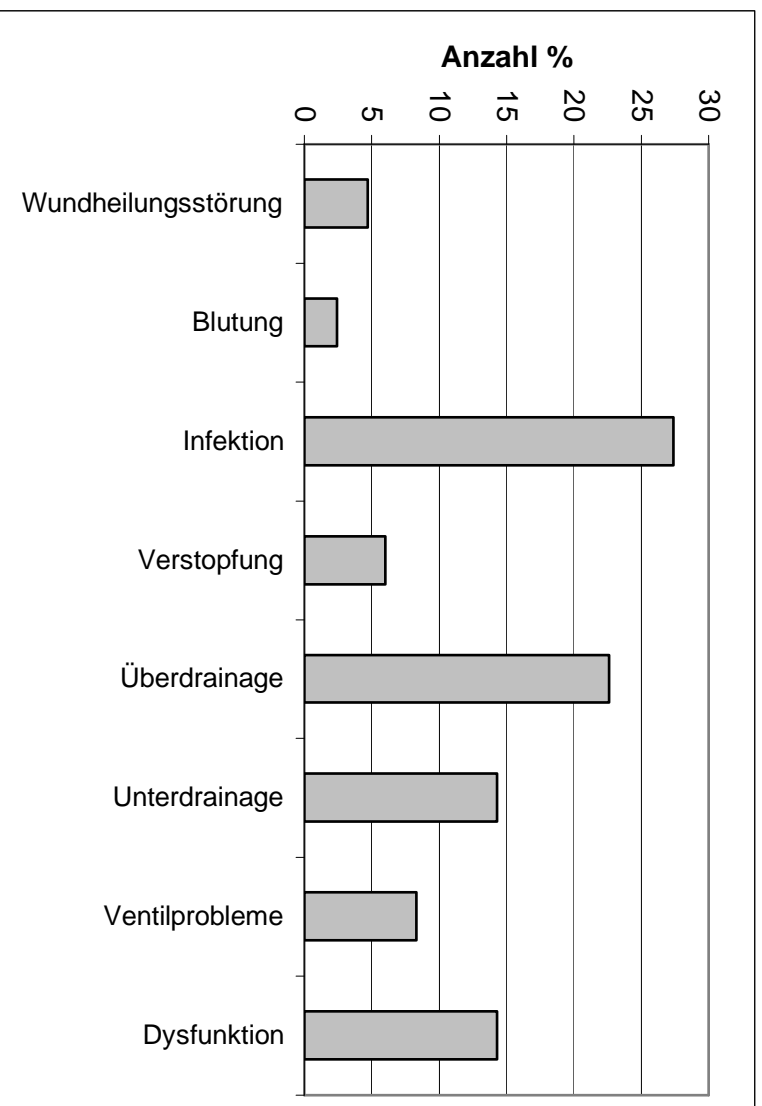
Spätkomplikationen:

Abb. 16

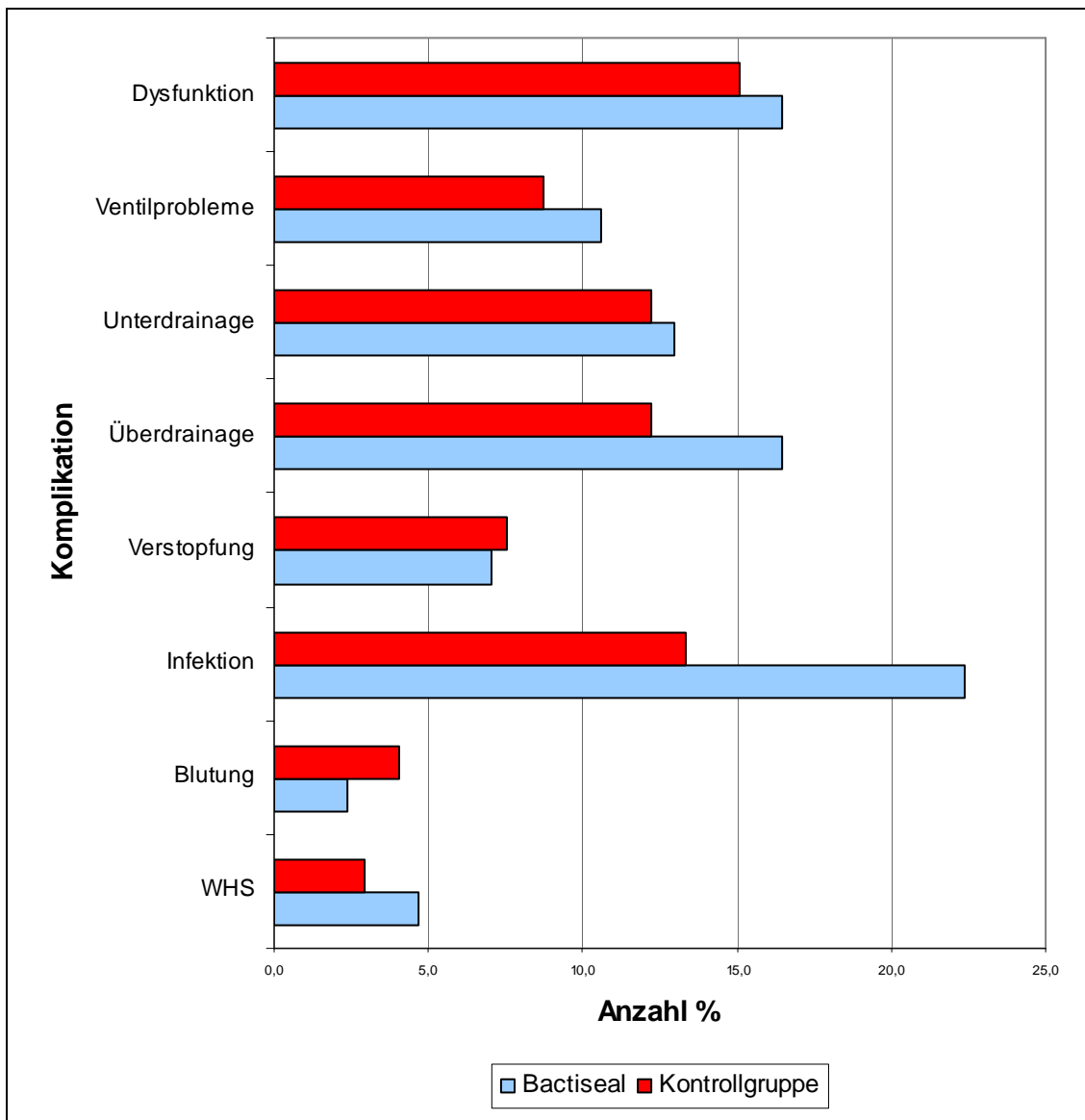
Allgemeine Komplikationen in beiden Gruppen:

Abb. 17

5.4. Risikofaktoren für Shuntinfektionen

Welche Risikofaktoren gibt es?

Zu den Risikofaktoren, die eine Shuntinfektion begünstigen können, zählen:

- Alter
- Diabetes mellitus
- Ehemalige Frühgeburt
- Z. n. externer Liquordrainage
- Z. n. Shuntinfektion
- Komatöser Patient
- Radiatio
- Z. n. anderen Infektionen
- AVK
- Immunschwäche

In dieser Studie wurden bei den 257 untersuchten Patienten insgesamt 424 einzelne Risikofaktoren festgestellt. In der folgenden Tabelle wird die Häufigkeit der einzelnen Risikofaktoren dargestellt.

Verteilung der Risikofaktoren im Gesamtkollektiv:

Risikofaktoren	Anzahl der Risikofaktoren	Anzahl in Prozent
Diabetes mellitus	32	12,5
AVK	30	11,7
Immunschwäche	8	3,1
Alter bei OP < 1 Jahr	20	7,8
Frühgeburt	6	2,3
Alter bei OP > 65 Jahre	58	22,6
Frühere Infektionen	120	46,7
Frühere Shuntinfektionen	35	13,6
Komatöser Patient	30	11,7
Z. n. Radiatio	26	10,1
Externe Drainage	59	23

Tab. 13

Risikofaktoren in Prozent:

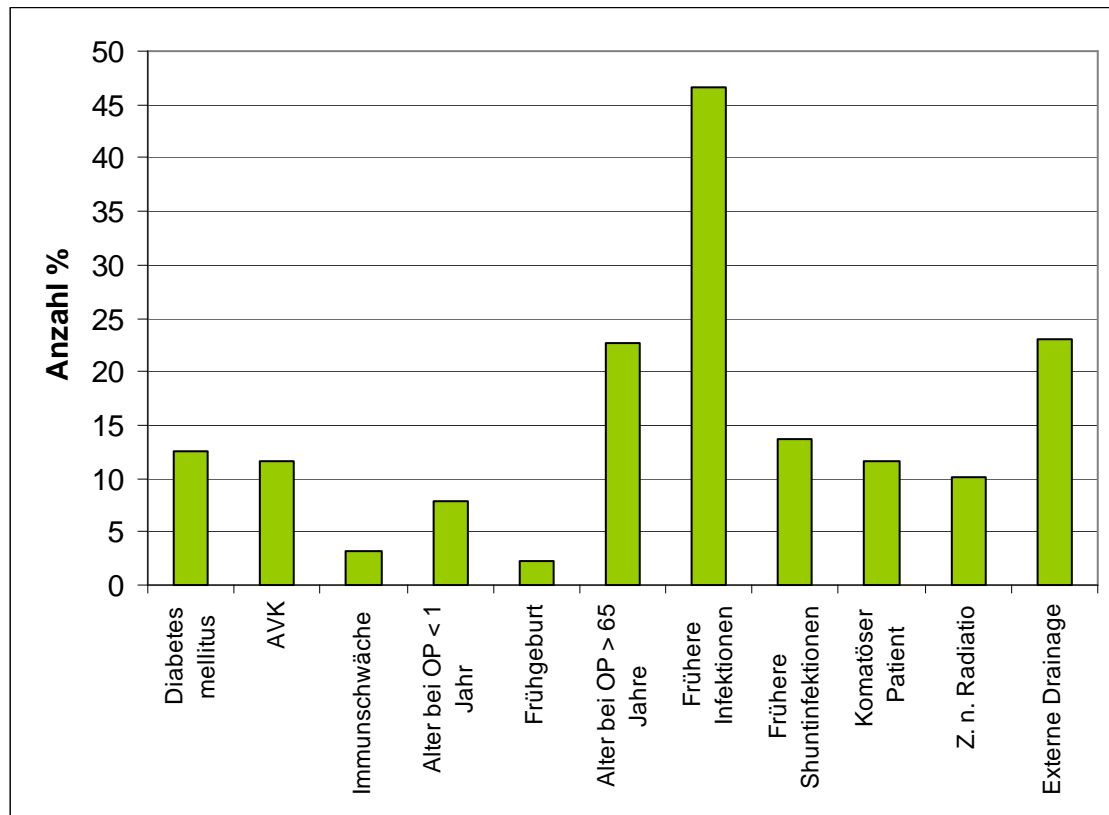


Abb. 18

Es wird ersichtlich, dass bei den Patienten, die einen imprägnierten Katheter implantiert bekamen, tendenziell mehr Risikofaktoren vorhanden waren.

Von den Operateuren wurde der Zustand nach Radiatio offenbar nicht als Risikofaktor angesehen. Patienten mit dieser Vorgeschichte erhielten somit häufiger den nativen Shunt, da kein gesteigertes Infektionsrisiko vermutet wurde.

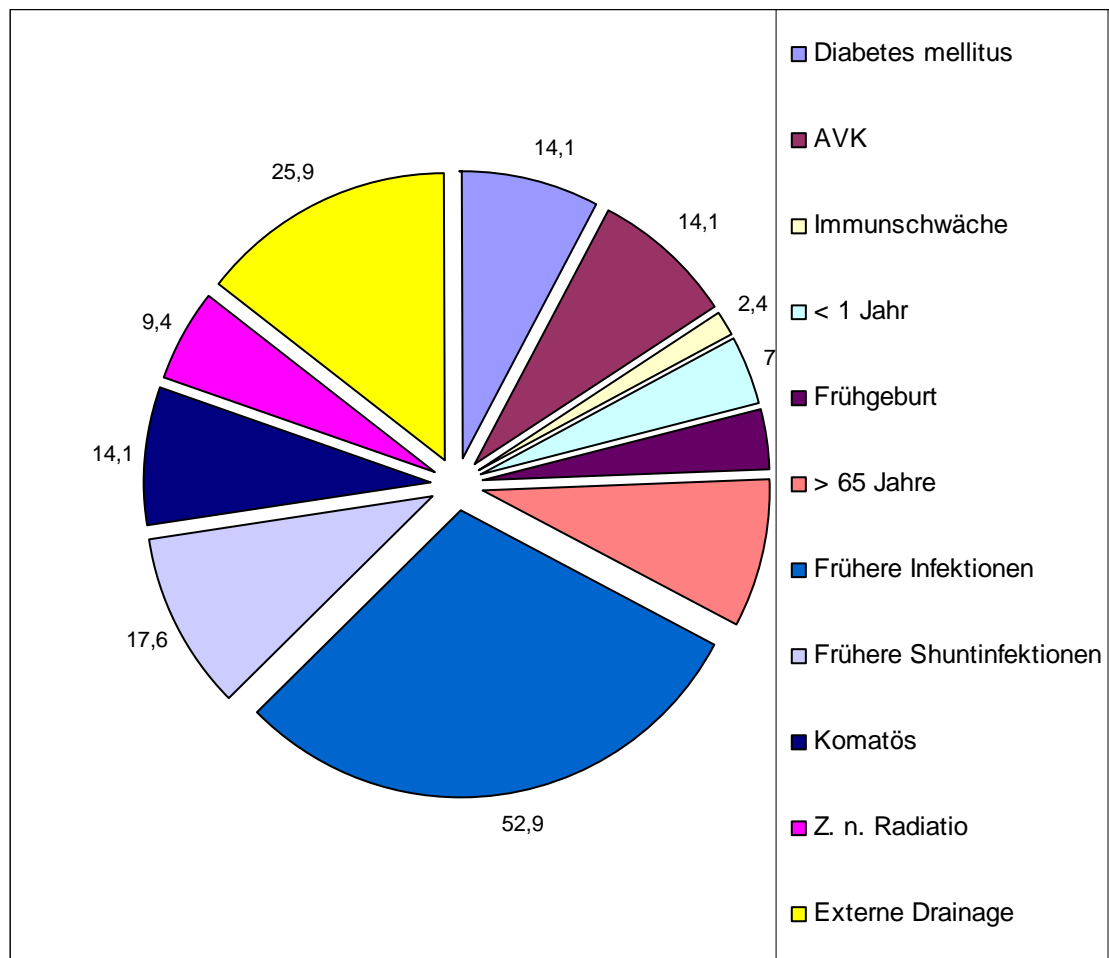
Risikofaktoren in der Gruppe mit imprägniertem Kathetern:

Abb. 19

Risikofaktoren in der Kontrollgruppe:

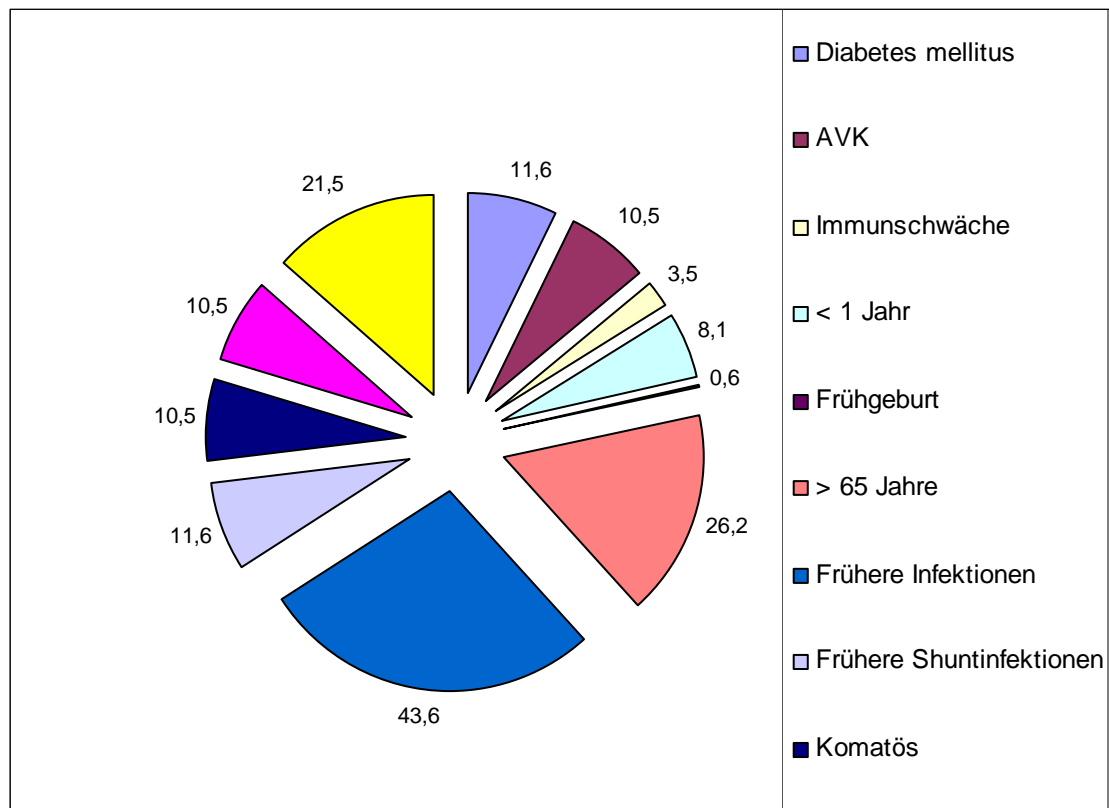


Abb. 20

5.5. Krankenhausaufenthalt

Die Liegedauer der Patienten war sehr unterschiedlich. Zum Teil fand eine Verlegung ins Heimatland oder andere Krankenhäuser sofort nach Erreichen der Verlegungsfähigkeit statt, andere blieben über Monate in der Klinik.

Die durchschnittliche Liegedauer bei Patienten mit imprägnierten Kathetern betrug 25 Tage (Standardabweichung 20). In der Kontrollgruppe blieben die Patienten im Mittel 26 Tage stationär (Standardabweichung 22).

5.6. Tod

Im Verlauf dieser Studie verstarben 13 von den 257 Patienten; drei in der Gruppe der Patienten, die einen imprägnierten Shunt implantiert bekamen, zehn in der Kontrollgruppe. Die Mortalität betrug demnach in der Bactisealgruppe 3,5% und in der Kontrollgruppe 5,8%.

Bei keinem der Fälle war eine Infektion die Todesursache.

Todesfälle in Prozent:

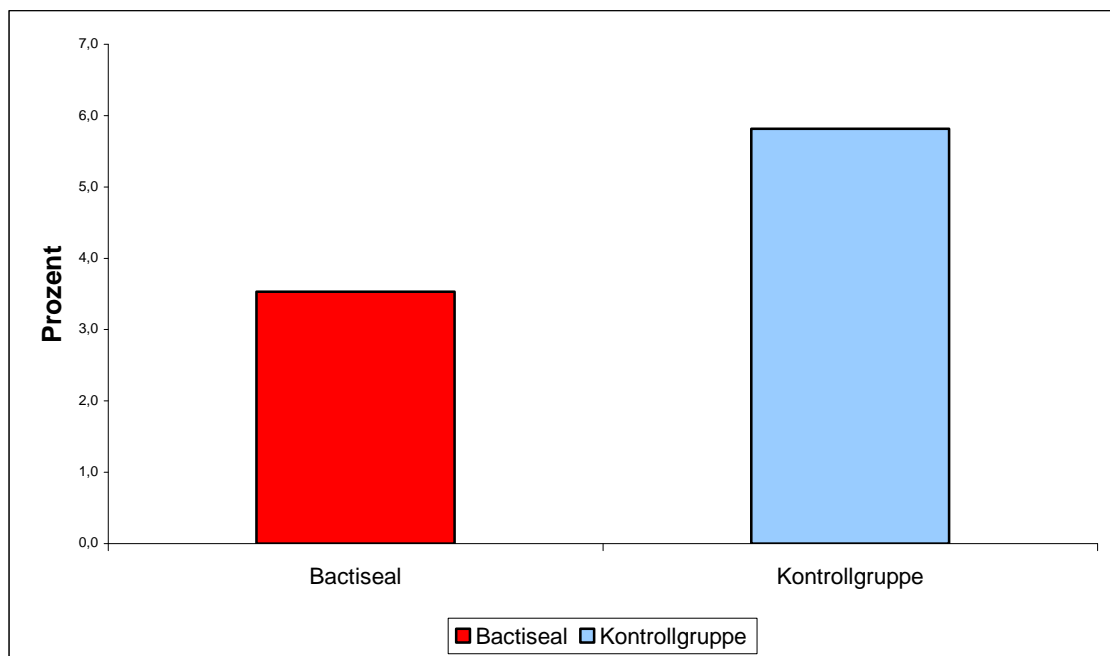


Abb. 21

6. Diskussion

Die Entwicklung einer effektiven inneren Ableitung des Liquors war ein entscheidender Schritt in der neurochirurgischen Behandlung des Hydrocephalus. Es wurden große Fortschritte bei der Reduzierung der Gesamtmortalität erzielt. Außerdem stieg die Zahl der Kinder, die sich trotz Shuntanlage normal entwickelten (Hirsch 1992).

Eine erhebliche Morbidität wird allerdings noch immer durch die postoperative Infektion, deren Prozentsatz je nach Studie stark schwankt, verursacht. Es sind somit noch nicht alle Probleme der Shuntanlage gelöst und man arbeitet weiter an Möglichkeiten, dieses postoperative Risiko zu senken.

6.1. Allgemeine Daten

6.1.1. Shuntkatheter

Der im Jahr 2000 zum ersten Mal eingeführte antibiotika-imprägnierte Shuntkatheter wurde zu Beginn nur bei Problempatienten anstelle des herkömmlichen Katheters implantiert. Bei den anderen wurde nur eine Antibiotikaprophylaxe zur Senkung des Infektionsrisikos durchgeführt. S. J. Haines und B. C. Walters (1994) beschrieben allerdings in ihrer Arbeit, dass diese präoperative Prophylaxe vor allem bei Hochrisikopatienten greift. Bei dieser Gruppe von Patienten lässt sich die Infektionsrate um ein Drittel senken, während es bei Patienten mit niedrigem Infektionsrisiko 16% weniger Infektionen waren.

Zudem wurde in einer Arbeit von Bayston et al (2004) gezeigt, dass selbst die intravenöse Gabe von Cephalosporinen nicht zu einer ausreichenden Konzentration im Liquor führt. Auch in der Literatur finden sich keine Beweise für eine Wirksamkeit dieser antibiotischen Prophylaxe (Brown 1994; Haines 1994).

Bei einer Untersuchung der Wirksamkeit bei externen Drainagen waren die Infektionsraten der beiden Gruppen (eine mit nur perioperativer Antibiose und eine mit konstanter Antibiose über den Liegezeitraum der externen Drainage)

beinahe identisch. Prophylaktische Antibiose reduziert demnach nicht signifikant das Risiko einer Infektion, kann aber Resistenzentwicklung hervorrufen. (Alleyne 2000)

Man suchte daher nach einer Möglichkeit, das Infektionsrisiko für alle Patientengruppen noch weiter zu senken.

Dies versuchte man mit der Einführung des antibiotisch beschichteten Katheters. An der Universitätsklinik Tübingen wurde immer der Codman Bactiseal® Katheter verwendet. Verschiedene Arbeiten beschäftigten sich schon mit derart beschichteten Materialien. 1999 wurde dies mit Minocyclin und Rifampicin beschichteten zentralen Venenkathetern untersucht (Darouiche 1999). Hier wurden eine geringere Kolonisation und eine niedrigere Infektionsrate beschrieben.

Bei den imprägnierten Shuntkathetern wird grundsätzlich auch eine niedrigere Infektionsrate angenommen, doch bezüglich der Kolonisation sind sich die Literaturangaben nicht einig. Bayston et al (2004) beschreibt in seiner Arbeit, dass es zu keiner Reduktion der bakteriellen Kolonisation gekommen sei, jedoch wurden die dennoch kolonisierten Bakterien zu 100 % innerhalb von 48-52 Stunden abgetötet.

Versuche mit höheren Antibiotikakonzentrationen (Hampl 1995) konnten diesen Effekt nicht steigern und somit ist die Imprägnierung mit 0,054% Rifampicin und 0,1% Clindamycin die effektivste Dosierung.

Zabramski et al (2003) beschreiben eine signifikant geringere Kolonisation ($p=0,0012$) bei den imprägnierten Kathetern.

Im Laufe der untersuchten drei Jahre stieg die Implantationsrate von 3,1% auf 52,6% an. Dieser Trend wird sich vermutlich in den folgenden Jahren noch weiter verstärken.

6.1.2. Patientenkollektiv

Ausgewertet und in die Auswertung mit einbezogen wurden 257 Patienten. Davon bekamen 85 Personen einen antibiotika-imprägnierten Katheter implantiert. Des Weiteren wurden die Patienten noch in sieben Diagnosegruppen eingeteilt. Es gab keine Kriterien für einen Ausschluss von Patienten.

In einer Studie von Govender et al (2003), die ebenfalls das Thema antibiotika-imprägnierte Shuntkatheter behandelt, wurden 110 Patienten ausgewertet. 60 dieser Patienten erhielten den nativen Katheter, 50 bekamen den imprägnierten Katheter implantiert.

Hierbei gab es einige Ausschlusskriterien. Nicht in die Studie aufgenommen wurden Patienten mit vorheriger oder aktueller Infektion im Liquor, Schwangere, Stillende, Patienten mit Allergien auf Rifampicin und Clindamycin sowie Patienten mit offener und nicht korrigierter Myelomeningocele bzw. Encephalocele.

Zugelassen wurden aber Patienten mit früheren Shuntinfektionen, vorausgesetzt, dass in den letzten drei Liquorpunktionen keine Erreger mehr nachweisbar waren. Ebenfalls zugelassen waren Patienten mit angeborenen Fehlbildungen, Tumoren, Subarachnoidalblutungen, Traumen oder jeder anderen nicht infektiösen Ursache für den Hydrocephalus.

Von den in dieser Arbeit untersuchten Patienten waren 144 Frauen und 113 Männer. Bei den Frauen erhielten 47 (32,8%) einen imprägnierten Shunt, bei den Männern waren dies 38 (33,6%).

Die Altersverteilung ging dabei von fünf Tagen bis 88 Jahre. Der Mittelwert lag bei 39,4 Jahren. Standardabweichung 26,9 Jahre.

In der Vergleichsarbeit von Govender et al (2003) waren 70 männliche und 40 weibliche Patienten in die Studie einbezogen worden. Der jüngste Patient war einen Monat, der älteste 72 Jahre alt.

Im Vergleich zwischen den beiden Gruppen zeigt sich von der Altersverteilung her kein relevanter Unterschied.

Bei der Gruppe mit imprägnierten Kathetern war der jüngste Patient sieben Tage alt, der Älteste 81 Jahre. Dies ergibt einen Mittelwert von 33,4 Jahren, mit einer Standardabweichung von 25,9 Jahren.

In der Kontrollgruppe waren die Patienten insgesamt etwas älter. Der jüngste Patient war fünf Tage alt, der Älteste 88 Jahre. Im Mittel lag der Altersdurchschnitt bei 43,7 Jahren (Standardabweichung 26,8).

Der Gruppe der Patienten mit Hirnblutung als Ursache für die notwendige Shuntimplantation wurden 69 Personen zugeordnet. Dies entspricht 26,8% vom Gesamtkollektiv.

In der Gruppe der Tumore befanden sich 61 Shuntkatheteranlagen (23,7%), bei den angeborenen Fehlbildungen waren es 42 (16,3%). 25 Patienten (9,7%) bekamen einen Shunt implantiert aufgrund eines Normaldruckhydrozephalus, 18 Patienten (7%) wegen eines Schädel-Hirn-Traumas.

In die Gruppe der Erwachsenen und Kinder wurden diejenigen Patienten eingeteilt, die sonst in keine Diagnosegruppe gepasst haben. Somit waren es bei den Erwachsenen 26 Patienten (10,1%) und bei den Kindern 16 Patienten (6,2%), die einen Shunt implantiert bekamen.

6.1.3. Altersverteilung

Die Altersverteilung wird in Abb. 4 dargestellt. Es erfolgte eine Auflistung nach männlichen und weiblichen Patienten. Aus der Abbildung ist ersichtlich, dass die Geschlechter gleichmäßig verteilt sind. Daher wurde für Abb. 5 auch zunächst auf die Unterscheidung männlich – weiblich verzichtet und nur nach imprägnierten und unbeschichteten Kathetern in den verschiedenen Altersgruppen unterschieden. Hier kann man erkennen, dass in der Gruppe der 0-10 Jährigen ein hoher Anteil mit imprägnierten Kathetern versorgt wurde. Ein Grund dafür ist, dass bei Kindern unter zehn Jahren ein erhöhtes Infektionsrisiko bekannt ist. Eine Studie in Südafrika zeigte, dass junge Patienten eher dazu tendieren, eine Infektion zu bekommen als ältere und alte

Patienten. 18% der dort nachgewiesenen Infektionen traten bei Kindern von einem Jahr und jünger auf (Govender 2003).

In Abb. 6 ist die Verteilung von männlichen und weiblichen Patienten sowohl auf das Alter als auch auf native und imprägnierte Katheter dargestellt.

Auch hier kann man keinen deutlichen Unterschied bezüglich der Verteilung bei Alter oder Geschlecht feststellen. Die Verteilung auf die verschiedenen Gruppen ist recht ausgeglichen.

Es waren somit beide Faktoren für die Wahl des Katheters nicht ausschlaggebend.

6.1.4. Pathogenese und Pathophysiologie

Bei der Pathogenese wurde in angeborenen und erworbenen Hydrocephalus unterschieden. In die Gruppe des angeborenen Hydrocephalus ließen sich 76 Patienten einordnen. 27 davon bekamen einen imprägnierten Katheter implantiert, bei 49 Patienten war es ein nativer Katheter.

Zu denen, die den Hydrocephalus erworben hatten, zählten 180 Personen. Bei 58 wurde ein imprägnierter, bei 122 Patienten ein nativer Katheter implantiert.

Bei einem Patienten konnte keine Zuordnung getroffen werden, da aus der Akte nicht ersichtlich war, ob der Hydrocephalus erworben wurde oder doch eine angeborene Ursache zugrunde lag.

Die Pathogenese spielte bei der Auswahl des Katheters keine relevante Rolle. Wie aus Abb. 8 ersichtlich, wurde weder beim angeborenen noch beim erworbenen Hydrocephalus eine bestimmte Katheterart bevorzugt.

In der Pathophysiologie wurde unterschieden in den Hydrocephalus occlusus, den Hydrocephalus malresorptivus und in eine kleine Gruppe von Patienten, bei denen man nicht wusste welcher Hydrocephalus zugrunde lag.

Am häufigsten vertreten war der Hydrocephalus malresorptivus mit 164 Patienten. Von diesen erhielten 67 Patienten einen imprägnierten und 114 einen nativen Katheter. Darauf folgt die Gruppe der Hydrocephalus occlusus mit 84 Patienten. Es wurden bei 17 Patienten ein imprägnierter und bei 50 Patienten ein nativer Katheter implantiert. Übrig blieben neun Patienten, bei

denen sich keine Einteilung vornehmen ließ. Von diesen neun Patienten erhielt einer einen imprägnierten, acht einen nativen Katheter.

Somit zeigt sich, dass auch in der Pathophysiologie (Abb. 9) keine Bevorzugung einer Katheterart stattfand.

Es ergibt sich in dieser Arbeit ein Verhältnis von angeborenem zu erworbenen Hydrocephalus von 1:2,8 (1:2,37). In der Pathophysiologie lag das Verhältnis bei 1:2(1:1,95) von Hydrocephalus occlusus zu Hydrocephalus malresorptivus.

6.1.5. Operationsart

Von den untersuchten 257 Fällen wurde bei 116 Patienten (45.1%) eine Erstanlage durchgeführt. Eine Revision erhielten 117 Patienten (45,5%) und bei 24 Patienten (9.3%) fand eine Neuanlage statt.

Dabei wurde der beschichtete Shuntkatheter bei 35 Revisionen (13,6% des Gesamtkollektivs), 41 Erstanlagen (16%) und neun Neueinlagen (3,5%) eingesetzt.

Daraus ergibt sich, dass in der Kontrollgruppe der native Shunt bei 80 Revisionen (31,1%), 77 Erstanlagen (30%) und 15 Neuanlagen (5,8%) implantiert wurde.

Vergleicht man die beiden Gruppen miteinander, so zeigt sich, dass es bei den einzelnen Operationsarten keine Bevorzugung eines bestimmten Katheters gegeben hat.

Nimmt man die Gruppe der imprägnierten Katheter als 100%, so war innerhalb dieser Gruppe die Verteilung bei 42,4% Revisionen, 48,2% Erstimplantationen und 9,4% Neuimplantationen.

In der Kontrollgruppe sind die Zahlen sehr ähnlich. Von den 172 Patienten gab es 47,1% Revisionen, 43,6% Erstimplantationen und 9,3% Neuimplantationen.

Hieraus wird deutlich, dass dieser Faktor die Wahl des Katheters nicht wesentlich beeinflusst hat. Die Verteilung ist sehr ausgeglichen.

6.1.6. Art der Shuntanlage

In 255 Fällen (99,2%) wurde der Katheter als ventrikulo-peritonealer Shunt (VP-Shunt) implantiert.

Dies entspricht auch den Literaturangaben. So wurde in einer Studie von Albright et al (1988) bei 96% der Patienten eine ventrikulo-peritoneale Shuntanlage gewählt.

In den hier untersuchten Fällen fand die atriale Katheteranlage nur in zwei Fällen statt.

Bei beiden Patienten fand die Erstanlage ebenfalls als VP-Shunt statt. Wegen wiederholten peritonealen Infektionen mit peritonealen Liquorzysten, wurde dieser schließlich in einen atrialen Shunt umgewandelt um weitere Infektionen zu vermeiden. Beide Patienten hatten einen nativen Shuntkatheter implantiert bekommen.

Die ventrikulo-peritoneale Shuntanlage hat sich schon seit vielen Jahren durchgesetzt. Sie gilt als komplikationsärmer und verursache weniger Revisionen als die atriale Shuntanlage. (Jamjoom 1992, Mahlmann 1983).

Leland Albright et al (1988) beschreibt die frontale Shuntanlage zudem als unproblematischer. Die Drainage fördere länger einwandfrei und es treten seltener Obstruktionen auf als bei der temperookzipitalen oder okzipitalen Anlage.

In einem Vergleich zwischen ventrikuloatrialer und ventrikuloperitonealer Anlage im Bezug auf die Infektionsrate waren beide Anlagen gleichwertig. Trotz allem wird die ventrikuloperitoneale Anlage aufgrund der einfacheren Anlage bevorzugt. (Lam 1997)

Bei den hier untersuchten Patienten fand jeweils eine Umwandlung der Shuntanlage statt. Voraus gingen Symptome wie zunehmende Hirndrucksymptomatik bei gleichzeitiger abdomineller Schwellung und Ausbildung von liquorhaltigen Zysten im Peritonealraum. Die vermutete Ursache war eine chronische Reizung des Peritoneums durch das Katheterende und dadurch die Ausbildung einer fibrösen Kapsel. Ähnliche

Symptome und Folgen wurden auch schon in anderen Studien beschrieben (Jamjoom 1992, White 1991)

Die Umwandlung in den VA-Shunt brachte in beiden Fällen Beschwerdefreiheit.

6.2. Klinikverlauf nach Shuntkatheterimplantation

6.2.1. Komplikationen

Nach Operationen können immer Komplikationen auftreten. Es wird selbstverständlich versucht dieses Risiko so niedrig wie möglich zu halten. Einige Infektionen sind durch den Operateur kaum zu vermeiden. Dies sind Komplikationen, die durch technische Fehler am Shuntsystem entstehen. Dazu gehören ventilbedingte Komplikationen, wenn sich z.B. das Ventil nicht mehr verstellen lässt, sowie Shundysfunktionen, wobei aus verschiedenen, nicht immer nachvollziehbaren Ursachen, der Shunt nicht mehr fördert.

In dieser Studie wurden die acht häufigsten Komplikationen ausgewertet. Dies waren Wundheilungsstörungen, Blutungen, Infektionen, Verstopfung eines Katheters, Über- und Unterdrainagen, ventilbedingte Probleme sowie Shundysfunktionen.

Es traten insgesamt 228 Komplikationen aus den oben genannten Gruppen auf. Die Tabelle zeigt nun die Häufigkeitsverteilung.

Komplikationen:

Komplikationsart	Anzahl	Anzahl in Prozent
Wundheilungsstörung	9	4,1
Blutung	9	4,1
Infektion	52	22,8
Verstopfung	19	8,8
Überdrainage	38	17,5
Unterdrainage	36	16,6
Ventilprobleme	24	11,1
Dysfunktion	41	18,9

Tab. 14

Es wird deutlich, dass die Infektion leider noch immer zu den häufigsten Komplikationen bei dieser Art der Operation gehört. Daher wird weiterhin nach weiteren Verbesserungsmöglichkeiten diesbezüglich gesucht.

Ebenfalls sehr häufig, jedoch auch gut kontrollierbar sind die Über- und Unterdrainage. Durch regelmäßige Kontrollen und nicht-invasive Ventulumstellungen können diese Komplikationen gut überwacht und behoben werden.

Die Funktionsstörungen im Shuntsystem sind ebenfalls häufig. Ursächlich können Materialfehler, Verstopfung oder Ähnliches sein. Dies ist vom Operateur trotz aller Vorsichtsmaßnahmen nicht beeinflussbar. Dasselbe gilt auch für die nicht so häufigen Probleme bei den Ventilen. Leider führen solche Komplikationen meist zu einer erneuten Operation, da die nicht funktionstüchtigen Teile des Shuntsystems oder das Ventil ausgetauscht werden müssen.

Weniger häufig sind die Blutung und die Wundheilungsstörungen aufgetreten. Dies spricht für eine sorgfältige, sterile Arbeit im Operationssaal. Und auch dafür, dass eine sorgfältige und sterile Durchführung der Operation die Shuntinfektion selber nicht sicher vermeiden kann.

6.2.2. Frühkomplikationen

Als Frühkomplikationen wurden die Komplikationen gewertet, die bis zu 28 Tage nach der ausgewerteten Shuntimplantation aufgetreten sind.

Infektionen werden genauer unter dem Abschnitt „Infektionen“ abgehandelt.

Innerhalb dieses ersten Monats nach der OP traten insgesamt 142 (65,4% der Komplikationen) frühe Komplikationen auf.

Es bestätigen sich wieder die Literaturangaben, dass in den ersten Wochen Komplikationen am häufigsten auftreten. Dies trifft also nicht nur auf die Infektionen zu.

Auch hier sind die Infektionen (29mal) und die Shundysfunktion (29mal) die häufigsten Komplikationen. Überdrainage (19mal) und Unterdrainage (24mal) sowie Ventilprobleme (17mal) folgen vor Blutung (siebenmal) und Wundheilungsstörungen (fünfmal).

6.2.3. Spätkomplikationen

Alle Komplikationen die nach den ersten 28 Tagen auftraten, wurden zu den späten Komplikationen gezählt. Diese traten 75 mal (34,6% der Komplikationen) auf.

Spätkomplikationen waren deutlich seltener. Es bleibt allerdings dabei, dass auch hier die Infektionen mit 23 Fällen wieder am häufigsten auftraten, gefolgt diesmal von der Über- und Unterdrainage (19mal und 12mal). Shundysfunktionen treten nach längerer Zeit auch seltener auf, hier nur noch 12mal im Gegensatz zu 29mal innerhalb der ersten vier Wochen. Ventilbedingte Probleme, Wundheilungsstörungen und Blutungen waren insgesamt selten.

Die verschiedenen Komplikationen im Einzelnen und deren Häufigkeiten sind nicht Thema dieser Arbeit. Untersucht wurden sie in einer anderen Promotionsarbeit, der der gleiche Datensatz zugrunde liegt.

6.2.4. Infektion

Die Infektionshäufigkeit wird in Abb. 11 dargestellt. Bei der allgemeinen Auswertung der Daten wurde jede Infektion einzeln gewertet. Es traten 52 Infektionen auf. Dabei waren in der Gruppe der Patienten mit imprägnierten Kathetern 20 Infektionen festzustellen, in der Kontrollgruppe 32 Infektionen.

Es sei darauf hingewiesen, dass bei manchen Patienten mehrere Infektionen auftraten oder auch Infektionen nach längerer Zeit nochmals auftraten. So gab es bei 43 Patienten 52 Infektionen.

Die Infektionen wurden nach verschiedenen Lokalisationen aufgeteilt. Dies waren Infektionen der Wunde, systemische Infektion, Infektion in der Shuntumgebung, Infektion im Peritonealraum und Meningitis.

6.2.4.1. Frühinfektionen

Frühinfektionen sind besonders gefürchtet, da die Bakterien, die am häufigsten Shuntinfektionen verursachen, während der Operation Zugang in die Wunde und auch zu dem implantierten Katheter bekommen. Dort kommt es zur Kolonisation des Katheters und zur Infektion. Dies führt häufig zur Explantation des Shunts aufgrund der Infektion (Bayston 2004).

70% aller auftretenden Shuntinfektionen sind frühe Infektionen (Aryan 2005). Die imprägnierten Katheter dienen der Prophylaxe dieser Frühinfektionen, da die Antibiotika über einen Zeitraum von etwa einem Monat abgegeben werden. In einigen Arbeiten wurde die Wirksamkeit über einen Zeitraum von 42-56 Tagen nachgewiesen. (Bayston 1997)

Infektionen, die sich innerhalb der ersten 28 Tage nach der Shuntanlage manifestierten, traten 29mal auf. Dies entspricht 55,7% der aufgetretenen Infektionen. Auch hier wurde jede Infektion einzeln gezählt, so dass dies nicht gleichzusetzen ist mit der Anzahl von Patienten, bei denen eine Infektion stattfand.

Im Einzelnen dargestellt zeigt sich, dass die systemische Infektion die häufigste frühe Infektion darstellte. 14mal, also in 48,3% der Frühinfektionen, kam es zu

einer systemischen Infektion. Am zweithäufigsten war die Meningitis mit acht Infektionen (27,6%). Mit einigem Abstand folgen darauf die Wundinfektion, die dreimal stattfand (10,3%) und mit je zwei Infektionen die Infektion der Shuntumgebung und die Infektion im Peritonealraum (je 6,9%).

In der Arbeit von Govender et al (2003) wurden als frühe Infektionen die Infektionen gewertet, die innerhalb der ersten zwei Monate nach Operation auftraten. Diese Frühinfektionen machten 69% der aufgetretenen Shuntinfektionen aus.

6.2.4.2. Spätinfektionen

Alle Infektionen, die nach dem ersten Monat nach der Operation auftraten, wurden als späte Infektionen gewertet.

Im Gesamtkollektiv traten 23 späte Infektionen auf (8,9% des Gesamtkollektivs). Die Spätinfektionen machten somit 44,2% der Komplikationen aus.

Erneut auf die verschiedenen Infektionen aufgeteilt war auch hier die systemische Infektion wieder die häufigste mit elf Infektionen, also 47,8% der späten Infektionen. Darauf folgt die Infektion der Shuntumgebung mit fünf Infektionen (21,7%). Dreimal wurde eine Infektion des Peritonealraumes festgestellt (13%) und je zweimal eine Wundinfektion und Meningitis (8,7%).

Somit wird deutlich, dass die systemische Infektion in beiden Fällen die häufigste Infektion war. Insgesamt trat sie 23mal auf.

Die Meningitis mit zehn Infektionen war ebenfalls recht häufig. In der Kontrollgruppe gab es einen Patienten, bei dem im Verlauf zweimal eine Meningitis diagnostiziert wurde.

Mit etwas Abstand folgen die weiteren Infektionen, wie sieben Infektionen in der Shuntumgebung und je fünf Infektionen im Peritonealraum und in der Wunde.

Aufgrund von Infektionen musste in der Gruppe der imprägnierten Katheter der Shunt dreimal explantiert werden. Innerhalb der Bactisealgruppe wurde der

Shunt aufgrund einer Infektion in 3,5% der Fälle entfernt, der Anteil innerhalb der Kontrollgruppe lag bei 6,4%.

6.2.5. Weitere Operationen

Da es keine Erfahrungswerte beim Einsatz des antibiotika-imprägnierten Katheters gab, wusste man nicht, ob durch die Beschichtung die Konsistenz des Katheters so verändert wurde, dass er schlechter vertragen und daher öfter explantiert werden musste.

Diese Vermutung wurde hier nicht bestätigt. Shuntinfektionen nach Implantation dieses Katheters waren mit vier Fällen selten. Es gab sonst keine Patienten, bei denen der Shunt aufgrund Unverträglichkeit des Materials oder der Antibiose entfernt werden musste.

Auch weitere Operationen nach Implantation waren in der Bactisealgruppe nicht häufiger als in der Kontrollgruppe.

Es wurden insgesamt 41 weitere Operationen nach der Shuntanlage notwendig. Bei 14 Patienten wurde dabei auch der Shunt wegen Infektion entfernt.

Am häufigsten musste der Shunt aufgrund einer Shunt Dysfunktion entfernt werden. Dies war zwölfmal der Fall. Acht Operationen wurden wegen einer Neuanlage notwendig. Shuntentfernung wegen Infektionen fand 14mal statt (Meningitis, systemische Infektion, Infektion im Peritonealraum, Infektion in Shuntumgebung und Wundinfektion).

Andere Ursachen für weitere Operationen waren:

- Austausch eines peritonealen Katheters in einen atrialen Katheter (2x)
- Wundsanierung bei epiduralem Abszess (1x)
- Entfernung des Shunts bei erneuter Infektion (2x)
- Implantation eines Shuntassistenten (1x)
- Ventilaustausch (1x)
- Verstopfung des Katheters (2x)
- Operation aufgrund Dyskonnektion (1x)
- Entfernung eines alten Peritonealkatheters (1x)
- ventilbedingte Probleme (3x)

- Verlängerung des Shunts (2x)
- Katheteraustausch (1x)
- Operation wegen Kolonperforation (1x)
- Neuimplantation nach längerer Zeit ohne Shunt (2x)
- Zystenentfernung (1x)

In einer Arbeit von Karabatsou et al (2004) waren die Revisionen deutlich häufiger. Von den 21 untersuchten Patienten mussten 18 (85,7%) revidiert werden. Shuntverursachte Infektionen traten bei sieben Patienten auf.

In der Arbeit von Govender et al (2003) fanden 14 Shuntrevisionen statt, auch hier war meistens eine Shunt Dysfunktion die Ursache für die Operation.

6.2.6. Shuntentfernung aufgrund einer Infektion

Wie häufig ein Shunt aufgrund einer Infektion entfernt werden musste zeigt Tabelle 7.

Die Entfernung des Shunts aufgrund einer Infektion wurde also 14mal nötig (5,5%). Elf Shuntentfernungen gab es in der Kontrollgruppe und drei in der Gruppe mit imprägnierten Shuntkathetern.

Entfernt wurde der Shunt nur bei Meningitis und bei Infektionen, wo entweder die Shuntinfektion durch einen Keimnachweis im Liquor bewiesen wurde, oder wo eine Infektion ohne Fokus vorhanden war. Die Entfernung des Shunts wurde vorgenommen, da es aus therapeutischer Sicht effektiver ist, den Katheter zu entfernen, den Patient antibiotisch zu behandeln und den Shuntkatheter erneut zu implantieren. Dies geschieht entweder einzeitig oder zweizeitig.

Die Erfolgsaussichten bei Antibiose mit noch liegendem Shunt sind weniger gut. Hierbei liegen die Heilungschancen bei etwa 40% gegenüber über 90% Heilungsrate, wenn eine vorübergehende externe Drainage gelegt wird.

Aus diesem Grund wurde auch hier meist der Weg über eine externe Drainage gewählt.

6.2.7. Risikofaktoren

Wie schon früher erwähnt, lag es im Ermessen des Operateurs, für welchen Katheter er sich entschied. Um eine Entscheidung diesbezüglich zu treffen, wurden verschiedene Gesichtspunkte berücksichtigt. Eine Rolle spielte das Alter der Patienten, die Grunderkrankung und verschiedene Risikofaktoren wie frühere Infektionen oder auch frühere Shuntinfektionen, Zustand nach Radiatio und komatöse Zustände.

So waren in der Gruppe mit imprägnierten Kathetern nur 16 Patienten, die nach den obigen Gesichtspunkten keine Risikofaktoren hatten. Alle 69 weiteren Implantationen fanden an Patienten statt, die mindestens einen dieser Risikofaktoren erfüllten, häufig sogar mehrere.

In der Kontrollgruppe waren es 28 Patienten ohne Risikofaktoren und 144 mit mindestens einem der Risikofaktoren. Hier war es häufiger so, dass Patienten mit nur einem Risikofaktor als nicht so stark infektionsgefährdet eingestuft wurden.

Der häufigste Risikofaktor waren frühere Infektionen. 120 Patienten hatten schon Infektionen durchgemacht. Von den Operateuren wurden jedoch länger zurückliegende Infektionen nicht mehr als Risikofaktor angesehen und daher auch häufig der native Shuntkatheter verwendet. Bei erst kurz vorher durchgemachten Infektionen oder stets rezidivierenden Infektionen wurde eher der imprägnierte Shunt verwendet.

Auch das Alter war ein entscheidender Faktor. Unterteilt wurde hier in Kinder unter einem Jahr, Frühgeburten und Personen über 65 Jahren. Mit 58 Patienten war die Gruppe über 65 Jahren am häufigsten vertreten. Hier spielten zur Entscheidung der Katheterart die Allgemeinverfassung des Patienten und das Vorhandensein weiterer Risikofaktoren eine Rolle.

Bei den sechs Frühgeborenen wurde das Infektionsrisiko als sehr hoch eingestuft und somit in den meisten Fällen ein imprägnierter Katheter verwendet. Es wurden auch 20 Kinder unter einem Jahr operiert, wobei hier ähnlich wie bei den älteren Patienten je nach Fall entschieden wurde.

35mal hatten frühere Shuntinfektionen stattgefunden, was auch ein wichtiger Risikofaktor war.

Des Weiteren wurden 30 komatöse Patienten operiert, sowie 26 Patienten mit Zustand nach Radiatio. Bei 59 Patienten lag bei der Operation eine externe Drainage, was auch als erhöhtes Infektionsrisiko eingestuft wurde.

Als Begleiterkrankungen waren bei 30 Patienten ein Diabetes mellitus, bei 30 eine arterielle Verschlusskrankheit und bei 8 Patienten eine bekannte Immunschwäche vorhanden.

Ein einzelner Risikofaktor wurde natürlich weniger stark gewichtet. Für die Entscheidung, ob ein imprägnierter oder ein nativer Katheter implantiert wurde, war vor allem das Zusammenspiel der verschiedenen Risikofaktoren entscheidend. Zudem besteht die Möglichkeit, dass der Operateur Risikofaktoren mit einbezog, die den Akten nicht zu entnehmen waren oder dass dem Operateur nicht alle Risikofaktoren bekannt waren.

Risikofaktoren:

Risikofaktoren	Anzahl der Risikofaktoren	Anzahl in Prozent
Diabetes mellitus	32	12,5
AVK	30	11,7
Immunschwäche	8	3,1
Alter < 1 Jahr	20	7,8
Frühgeburt	6	2,3
Alter > 65 Jahre	58	22,6
Frühere Infektionen	120	46,7
Frühere Shuntinfektionen	35	13,6
Komatös	30	11,7
Zustand nach Radiatio	26	10,1
Externe Drainage	59	23

Tab. 15

6.2.8. Tod

Von den untersuchten Patienten starben im Verlauf des Beobachtungszeitraums 13 Personen: Es gab drei Todesfälle bei Patienten im imprägnierten Shuntkatheter und zehn in der Kontrollgruppe. Keiner dieser Patienten starb an einer Infektion.

Von den drei Patienten mit imprägniertem Katheter verstarben zwei an den Folgen eines Polytraumas. Während der Behandlung bekamen sie aufgrund von Hirndrucksymptomatik einen VP-Shunt implantiert. Letztendlich führten allerdings die schweren Verletzungen aufgrund des Polytraumas zum Tode. Ein Patient hatte ein bekanntes Glioblastom und verstarb knapp fünf Monate nach der Implantation. Die Operation selber war komplikationslos. Es zeigten sich keine Anzeichen für eine Infektion.

In der Kontrollgruppe gab es insgesamt mehr Todesfälle. Hier zeigt sich, dass für die palliative Therapie bei Hirndrucksymptomatik im Rahmen einer Krebserkrankung eher der native Katheter gewählt wurde. Von den zehn Patienten, die später verstarben, hatten acht (80%) ein Tumorleiden. Bei zwei der Patienten waren es Metastasen, einmal eines Mammacarcinoms und einmal eines Ovarialcarcinoms, welche die Implantation eines VP-Shuntes notwendig machten. Bei den anderen acht Patienten waren es hirneigene Tumore.

Bei den restlichen 20% (also zwei Patienten) war einmal eine akute Einklemmungssymptomatik der Grund für die Implantation eines Shunts. Bei dem anderen Patienten war eine Stammganglienblutung mit Ventrikeleinbruch die Ursache für die Implantation.

Die Sterberate lag bei 5%. Es gab keine Todesfälle aufgrund einer Infektion (Sterberate wegen Infektion 0%). In der Bactisealgruppe betrug die Mortalität 3,5% und in der Nativgruppe 5,8%.

6.3. Vergleich antibiotika-imprägnierter Katheter zu nativen Kathetern

Hier erfolgt nun ein direkter Vergleich der beiden verwendeten Katheterarten bezüglich des klinischen Verlaufes. Die allgemeinen Daten wurden schon im Verlauf der Diskussion dargestellt.

Von den ausgewerteten 257 Patienten bekamen 85 Personen einen beschichteten Shuntkatheter implantiert, die dann in die antibiotika-imprägnierte Kathetergruppe eingeordnet wurden. Die restlichen 172 Patienten mit nativem Shuntkatheter bildeten die Kontrollgruppe.

6.3.1. Komplikationen

228mal sind verschiedene Komplikationen aufgetreten. Einzeln aufgelistet wurden diese bereits in Tab. 11.

Es stellt sich nun die Frage, ob bei implantiertem imprägniertem Shuntkatheter eine bestimmte Komplikation gehäuft auftritt.

Wie die Verteilung der Komplikationen bei beiden Gruppen war, stellt die folgende Tabelle dar.

Komplikationen in beiden Gruppen:

Komplikationsart	Imprägnierter Katheter	% impr. Katheter	Nativer Katheter	% nativer Katheter
Wundheilungsstörung	4	4,7	5	2,9
Blutung	2	2,4	7	4,1
Infektion	20	23,5	32	18,6
Verstopfung	6	7,1	13	7,6
Überdrainage	15	17,6	23	13,4
Unterdrainage	13	15,3	23	13,4
Ventilprobleme	9	10,6	15	8,7
Dysfunktion	14	16,5	27	15,7

Tab. 16

Im Vergleich zu der Kontrollgruppe traten Komplikationen in der Gruppe der imprägnierten Katheter seltener auf. Dies ist nicht alles auf die Imprägnierung zurückzuführen. Über- und Unterdrainage, Ventilprobleme und Shunt Dysfunktionen sind von der Imprägnierung unabhängig.

Dennoch ist es ein erfreuliches Ergebnis, dass durch das Imprägnierungsverfahren keine gehäuft Komplikationen hervorgerufen werden. Dies spricht alles für die gute Verträglichkeit und für gute Materialeigenschaften. Es gibt keine Probleme durch Schwierigkeiten bei der Implantation oder schlechtere Verträglichkeit.

6.3.2. Infektionen

Es traten über den Beobachtungszeitraum 52 verschiedene Infektionen bei 43 Patienten auf.

Auch hier wurden zum Vergleich diese Infektionszahlen in Gruppe der Personen mit imprägnierten Kathetern und in die Kontrollgruppe unterschieden. In der Gruppe mit imprägniertem Katheter waren die Häufigkeiten wie folgt verteilt:

Infektionsverteilung in Gruppe der imprägnierten Katheter:

Art der Infektion	Anzahl	Anzahl in Prozent
Systemische Infektion	11	12,9
Infektion in Shuntumgebung	3	3,5
Infektion im Peritonealraum	4	4,7
Meningitis	1	1,2
Wundinfektion	1	1,2

Tab. 17

Die Häufigkeit des Auftretens der verschiedenen Infektionen in der Kontrollgruppe zeigt die folgende Tabelle.

Infektionsverteilung in der Kontrollgruppe:

Art der Infektion	Anzahl	Anzahl in Prozent
Systemische Infektion	14	8,1
Infektion in Shuntumgebung	4	2,3
Infektion im Peritonealraum	1	0,6
Meningitis	9	5,2
Wundinfektion	4	2,3

Tab. 18

Es gab in der Gruppe der Patienten mit imprägniertem Katheter 20 einzelne Infektionen, bei der Kontrollgruppe waren es 32. Am häufigsten war in der Gruppe mit imprägnierten Kathetern die systemische Infektion, die elfmal auftrat. Dies entspricht den Zahlen bei der Kontrollgruppe, wo 14 systemische Infektionen auftraten.

Im Vergleich zur Kontrollgruppe konnte die Häufigkeiten von Meningitiden mit dem imprägnierten Katheter gesenkt werden. Es trat nur eine Meningitis im Gegensatz zu neun Meningitiden bei der Kontrollgruppe auf.

Auch Wundinfektionen traten in der Gruppe mit imprägniertem Katheter seltener auf. Es wurde nur eine Wundinfektion festgestellt, in der Kontrollgruppe waren es vier Wundinfektionen.

Allerdings musste festgestellt werden, dass im Vergleich zur Kontrollgruppe Infektionen im Peritonealraum häufiger aufgetreten sind. Bei den Infektionen im Peritonealraum ist die Infektionsrate mit 4,7% zu 0,6% in der Kontrollgruppe deutlich erhöht.

Allgemein muss man dennoch sagen, dass Infektionen weniger häufig in der Gruppe der Patienten mit imprägnierten Kathetern aufgetreten sind.

Die Diskrepanz bei den Infektionen im Peritonealraum ist auf einen speziellen Patient zurückzuführen. Dieser bekam einen imprägnierten Shunt implantiert, jedoch wurde bei der Anlage des Peritonealkatheters das Kolon verletzt. Daraufhin entwickelte der Patient eine Peritonitis. Der Shunt wurde während der Operation am Kolon entfernt und erneut eingesetzt. Durch die dabei noch immer vorhandene Entzündung des Peritoneums kam es erneut zu einer Infektion. Es wurde daraufhin der Katheter nochmals entfernt und die atriale Anlage gewählt. Diese fand erneut mit einem imprägnierten Katheter statt und der Patient blieb daraufhin infektionsfrei.

6.3.2.1. Frühinfektionen

Insgesamt traten 29 frühe Infektionen auf (11,3%).

Auf die beiden Gruppen verteilt traten in der Gruppe mit imprägnierten Kathetern zwölf Frühinfektionen auf (4,7%), in der Kontrollgruppe 17 (6,6%).

Die einzelnen Frühinfektionen waren in der Gruppe mit imprägnierten Kathetern folgende:

Häufigkeit der Frühinfektionen:

Art der Infektion	Anzahl	Anzahl in Prozent
Wundinfektion	1	1,2
Systemische Infektion	6	7,1
Infektion in Shuntumgebung	2	2,4
Infektion im Peritonealraum	2	2,4
Meningitis	1	1,2

Tab. 19

In der Kontrollgruppe sah die Verteilung so aus.

Häufigkeit der Frühinfektionen in der Kontrollgruppe:

Art der Infektion	Anzahl	Anzahl in Prozent
Wundinfektion	2	1,2
Systemische Infektion	8	4,7
Infektion in Shuntumgebung	0	
Infektion im Peritonealraum	0	
Meningitis	7	4,1

Tab. 20

Somit konnte in fast allen Bereichen, ausgenommen die Infektionen im Peritonealraum, die Infektionsrate gesenkt werden.

Von den 17 Frühinfektionen in der Gruppe der Patienten mit imprägnieren Shunt, war bei zwei Infektionen sicher, dass diese von einer Shuntinfektion herrührten. In der Kontrollgruppe war das bei sieben Patienten der Fall.

6.3.2.2. Spätinfektionen

Es traten insgesamt 23 späte Infektionen auf (20,6%).

In der Bactiseal-Gruppe traten acht Spätinfektionen auf (3,1%), in der Kontrollgruppe 15 (5,8%).

Im Einzelnen waren dies in der Gruppe mit imprägnierten Kathetern:

Häufigkeit der Spätinfektionen bei imprägnierten Kathetern:

Art der Infektion	Anzahl	Anzahl in Prozent
Wundinfektion	0	
Systemische Infektion	5	5,9
Infektion in Shuntumgebung	1	1,2
Infektion im Peritonealraum	2	2,4
Meningitis	0	

Tab. 21

In der Kontrollgruppe waren die Spätinfektionen wie in der folgenden Tabelle ersichtlich verteilt.

Häufigkeit der Spätinfektionen in der Kontrollgruppe:

Art der Infektion	Anzahl	Anzahl in Prozent
Wundinfektion	2	1,2
Systemische Infektion	6	3,5
Infektion in Shuntumgebung	4	2,3
Infektion im Peritonealraum	1	0,6
Meningitis	2	1,2

Tab. 22

Somit bleibt auch über einen längeren Zeitraum hinaus eine geringere Infektionsrate erhalten. Ursächlich dafür ist wohl, dass zu Beginn die Besiedelung mit Bakterien verhindert bzw. diese abgetötet werden und somit die Grundlage zur Infektion fehlt. Zudem wird von den Herstellern beschrieben, dass die Abgabe der Antibiotika durchaus auch länger anhält, aber die wirksame Dosis nur für die ersten vier Wochen zugesichert ist.

Auch in der Literatur wird beschrieben, dass die meisten Infektionen kurz nach der Operation auftreten. Es deckt sich also das Ergebnis hier mit den anderen Studien, dass eine Infektion im Laufe der Zeit unwahrscheinlicher wird. Der Grund dafür liegt einfach darin, dass die Operation an sich die Eintrittspforte für die infektionsverursachenden Keime darstellt. Diese gelangen bei der Hauteröffnung trotz Desinfektion in das Wundgebiet und können daraufhin den Katheter kolonisieren. Diese Annahme wird dadurch bestätigt, dass in den meisten Fällen Bakterien der Hautflora einen Infekt verursachen.

Über den beobachteten Zeitraum hinweg kann man feststellen, dass in der Gruppe der Patienten mit imprägniertem Katheter weniger Infektionen aufgetreten sind. Dies trifft sowohl bei den frühen Infektionen zu, wobei hier der Unterschied nicht so groß ist. Bei den späten Infektionen zeigt sich doch eine um 2% geringere Infektionsrate als in der Kontrollgruppe.

Es konnte in dieser Untersuchung festgestellt werden, dass die Infektionsrate bei den Patienten, die einen imprägnierten Katheter erhielten, insgesamt niedriger liegt. Doch gerade in Bezug auf Früh- und Spätinfektionen konnte innerhalb dieser Gruppe kein großer Unterschied gefunden werden. Dies könnte darauf hindeuten, dass die Antibiotikawirkung noch über die 28 Tage hinaus anhält und damit die Infektionsrate niedrig hält. Oder es ist eine Bestätigung der Annahme, dass die Kolonisation der Katheter vor allem in den ersten Tagen stattfindet. Wird sie über diesen Zeitraum hinweg verhindert, verringert sich auch das Infektionsrisiko über einen längeren Zeitraum. Hier wurde davon ausgegangen, dass eine Kombination dieser beiden Möglichkeiten zu dem insgesamt besseren Ergebnis geführt hat.

6.3.2.3. Shuntinfektionen

Es konnte nicht immer ein Grund für die Infektion gefunden werden. Zum Teil wurde bei unbekanntem Infektfokus auch von der wahrscheinlichsten Ursache, hier dann der Shuntinfektion, ausgegangen und dementsprechend therapiert oder auch der Shunt entfernt.

Shuntinfektionen treten bevorzugt innerhalb der ersten zwei Monate nach der Shuntimplantation auf. (Kumar 2005) In seiner Studie bei Kindern nach Shuntimplantation wurde eine Shuntinfektionsrate von 16% festgestellt, was im Vergleich zu anderen Studien eher hoch ist. Dies zeigt aber auch, dass Kinder unter sechs Monaten ein höheres Infektionsrisiko haben und somit das Alter einen bedeutenden Risikofaktor darstellt.

Gewertet wurde eine Infektion als Shuntinfektion, wenn eine Meningitis diagnostiziert wurde oder wenn der Shunt aufgrund einer Infektion entfernt werden musste. Infektionen, bei denen entweder der Nachweis vorhanden war oder davon ausgegangen wurde, dass der Shunt die Ursache war, gab es insgesamt 18mal. Dies macht 7% vom Gesamtkollektiv aus.

In der Gruppe mit imprägniertem Katheter gab es vier Shuntinfektionen. Innerhalb der Bactisealgruppe sind das 4,7%, die eine Shuntinfektion entwickelten.

Im der Kontrollgruppe lag der Anteil mit 8,1% deutlich höher. 14mal wurde hier eine Shuntinfektion festgestellt. In der Studie von Govender et al wurden in der Gruppe von Patienten, die einen imprägnierten Shuntkatheter erhielten, drei Shuntinfektionen festgestellt (6%), in der Kontrollgruppe waren es zehn Shuntinfektionen (16,7%). Insgesamt wurde dort festgestellt, dass die Infektionen in der Kontrollgruppe früher aufgetreten sind. Von 15 systemischen Infektionen führten vier zu Shuntinfektionen.

Somit sind die Ergebnisse bei dieser Arbeit den Ergebnissen der Studie von Govender ähnlich, insgesamt liegt die Infektionsrate jedoch niedriger.

Von den 17 Frühinfektionen in der Gruppe der Patienten mit imprägniertem Shunt, war bei zwei Infektionen sicher, dass diese von einer Shuntinfektion herrührten. In der Kontrollgruppe war das bei sieben Patienten der Fall.

6.3.3. Shuntentfernung aufgrund einer Infektion

Im Gesamtkollektiv musste der Shunt aufgrund einer Infektion 14mal (5,5%) entfernt werden.

Auf die beiden Gruppen bezogen waren es drei Entfernungen in der Gruppe der Personen, die einen imprägnierten Shunt erhielten. Dies entspricht 3,5% innerhalb der Bactisealgruppe.

In der Kontrollgruppe musste der Shunt wegen Infektion elfmal entfernt werden, was 6,4% der Kontrollgruppe entspricht.

Somit zeigt sich hier ein deutlicher Vorteil des imprägnierten Shunts. Die Infektion des Shunts und die Entfernung desselben bedeutet nicht nur für den Patienten eine Belastung. Es folgt auf die Infektion eine Therapie, eine Operation und meist eine weitere Operation zur Implantation eines neuen Shuntsystems. Dies bedeutet weitere Kosten für die Klinik und ist natürlich für den Patienten mit erneuten Operationsrisiken und Infektionsrisiken behaftet.

6.3.4. Risikofaktoren

In den dieser Arbeit zugrunde liegenden Fällen wurde der neuere imprägnierte Katheter dann implantiert, wenn der Operateur aufgrund des Risikoprofils des Patienten dies für notwendig hielt. In dem Risikoprofil ist die subjektive Wahrnehmung des Patienten durch den Operateur mit einbezogen. Den Operateuren waren nicht immer alle Faktoren bekannt, da diese aus den Akten teilweise nicht zu entnehmen waren. Zudem wertete jeder die Wichtigkeit der einzelnen Faktoren unterschiedlich.

Wegen der höheren Kosten wurden diese Katheter nicht standardmäßig bei jedem Patienten verwendet.

Dadurch erklärt sich auch, dass die beiden Gruppen sich in Bezug auf die Risikofaktoren unterscheiden. Kurz nach der Einführung des imprägnierten Shuntkatheters wurde dieser nur selten und nur bei Patienten mit einem erhöhten Infektionsrisiko implantiert. Im Laufe der Jahre stieg dann die Implantationshäufigkeit des neuen Katheters an (siehe Abbildung 2).

Durch die positiven Erfahrungen, die bei der Verwendung des imprägnierten Katheters gemacht wurden, wurde dieser dann auch bei Patienten mit einem niedrigeren Risikoprofil implantiert.

Insgesamt waren von den 85 Patienten, die einen imprägnierten Katheter erhielten, 16 Patienten ohne Risikofaktor. Dies entspricht 6,2% vom Gesamtkollektiv. In der Kontrollgruppe waren 28 Patienten ohne Risikofaktor, was 10,9% vom Gesamtkollektiv ausmacht.

Als Risikofaktoren wurden, wie schon oben erwähnt, Diabetes mellitus, arterielle Verschlusskrankheit, Immunschwäche, Alter unter einem Jahr und über 65 Jahren, frühere Infektionen, frühere Shuntinfektionen, Zustand nach Radiatio, liegende externe Liquordrainage und komatöse Zustände. Es wurde davon ausgegangen, dass all diese Zustände das Infektionsrisiko erhöhen können.

Von den Operateuren wurde allerdings die Radiatio nicht als wesentlicher Risikofaktor angesehen. Patienten, die früher eine Bestrahlung bekommen hatten erhielten nicht öfter einen beschichteten Shunt.

Vor allem Kleinkinder und Kinder wurden mit dem imprägnierten Shunt versorgt. Sie galten also als besonders infektionsgefährdet. Dies deckt sich auch mit Erfahrungen von anderen Kliniken. So beschrieb Govender et al (2003), dass 38,5% der Shuntinfektionen bei Kindern unter einem Jahr aufgetreten sind. Ähnliche Zahlen finden sich auch in weiteren Literaturangaben. Auch Kumar et al (2005) stellte ein erhöhtes Infektionsrisiko bei Kindern fest.

Der häufigste Risikofaktor war somit das Alter, wobei hier Kinder als besonders gefährdet galten.

In der Gruppe der Patienten, die den imprägnierten Katheter erhielten, waren die Risikofaktoren wie folgt verteilt.

Risikofaktoren in der Gruppe mit imprägnierten Kathetern:

Risikofaktoren	Anzahl der Risikofaktoren	Anzahl in Prozent
Diabetes mellitus	12	14,1
AVK	12	14,1
Immunschwäche	2	2,4
Alter bei OP < 1 Jahr	6	7,1
Frühgeburt	5	5,9
Alter bei OP > 65 Jahre	13	15,3
Frühere Infektionen	45	52,9
Frühere Shuntinfektionen	15	17,6
Komatöser Patient	12	14,1
Z. n. Radiatio	8	9,4
Externe Drainage	22	25,9

Tab. 23

Risikofaktoren in der Kontrollgruppe:

Risikofaktoren	Anzahl der Risikofaktoren	Anzahl in Prozent
Diabetes mellitus	20	11,6
AVK	18	10,5
Immunschwäche	6	3,5
Alter bei OP < 1 Jahr	14	8,1
Frühgeburt	1	0,6
Alter bei OP > 65 Jahre	45	26,2
Frühere Infektionen	75	43,6
Frühere Shuntinfektionen	20	11,6
Komatöser Patient	18	10,5
Z. n. Radiatio	18	10,5
Externe Drainage	37	21,5

Tab. 24

Somit gab es in der Gruppe mit imprägnierten Kathetern 152 einzelne Risikofaktoren, in der Kontrollgruppe sogar 272.

Trotz dieser Verteilung hatten die Patienten in der Kontrollgruppe ein niedrigeres Risikoprofil, da auf den einzelnen Patienten nicht so viele Risikofaktoren kamen. So gab es hier 28 Patienten ohne Risikofaktoren und 66 Patienten mit nur einem Risikofaktor. Auch wurden von den Operateuren nicht alle hier angegebenen Risikofaktoren gleich gewichtet. Der Zustand nach Radiatio wurde nicht als Faktor für ein erhöhtes Infektionsrisiko gesehen und somit auch sehr selten ein imprägnierter Katheter implantiert.

In der Gruppe der Patienten mit imprägniertem Katheter sind 85 Patienten eingeteilt. 16 davon (18,8% der Gruppe) waren zum Operationszeitpunkt ohne Risikofaktor. 22 (25,9%) hatten einen Risikofaktor, 23 (27%) zwei Risikofaktoren, 14 Patienten (16,5%) drei und 6 Patienten (7,1%) vier Risikofaktoren. Je zwei Patienten hatten fünf bzw. sechs Risikofaktoren.

Innerhalb der Kontrollgruppe lag die Verteilung bei 28 Patienten ohne Risikofaktoren, was 16,3% der Gruppe ausmacht. 66 Patienten (38,4%) hatten einen, 45 Patienten (26,2%) zwei, 21 Patienten (12,2%) drei, acht Patienten (4,7%) vier, drei Patienten (1,7%) fünf und ein Patient (0,6%) sechs Risikofaktoren.

Mit hohem Infektionsrisiko verbunden, waren die Kinder unter einem Jahr und da vor allem die Frühgeborenen. Nur eines von sechs Frühgeborenen bekam einen nativen Shunt implantiert.

6.3.5. Weitere Operationen

Neben der erhofften Senkung des Infektionsrisikos war auch die Verträglichkeit des Materials ein wichtiger Faktor. Eine geringere Infektionsrate ist zwar das Ziel dieses neuen Katheters, doch würden die daraus erreichten Vorteile zunichte gemacht werden, wenn der Katheter an sich schlecht vertragen würde. Folge wären nämlich weitere Operationen zum Austausch des Katheters oder wegen sich bildender Granulome oder ähnlichem. Allerdings waren diese Sorgen unbegründet.

Der neue imprägnierte Katheter erwies sich als genauso gut verträglich, wie der native Katheter. Es kam zu keinerlei Unverträglichkeitsreaktionen. Das Risiko von Krampfanfällen nach der Implantation erhöhte sich ebenfalls nicht. Es wurde sogar nachgewiesen, dass sich das Anfallsrisiko mit beschichteten Kathetern gesenkt hat. (Abed 1994) Auch mussten nicht häufiger weitere Operationen durchgeführt werden.

Bei insgesamt 41 Revisionen bzw. nachfolgenden Operationen, waren elf (12,9%) davon bei Patienten mit imprägniertem Shunt notwendig geworden. In der Kontrollgruppe fanden sich 30 (17,4%) weitere Operationen. Operationen, die aufgrund einer Infektion durchgeführt werden mussten, gab es viermal (4,7%) bei Patienten mit Bactiseal-Katheter und zwölfmal (7%) bei Patienten mit nativem Katheter.

Dies schließt dreimal eine Shuntexplantation und einmal eine Wundrevision in der Gruppe der imprägnierten Katheter mit ein. In der Kontrollgruppe waren es elf Explantationen aufgrund einer Infektion und ebenfalls einmal eine Wundrevision nach Infektion.

Somit wurden bei den imprägnierten Kathetern weitere Operationen um etwa ein Drittel weniger oft notwendig als in der Kontrollgruppe. Dies spricht für eine problemlose Verträglichkeit des imprägnierten Materials. Somit gibt es aus Verträglichkeitsgründen keine Einschränkung zur Verwendung dieser Katheter.

6.4. Kosten-Nutzen-Vergleich

Ein komplettes Set mit allen Schläuchen kostet in der Anschaffung 1342 Euro. Dabei macht schon das Ventil einen Anteil von 1283,00 Euro aus. Die Bactiseal-Schläuche kosten 409,00 Euro. Somit kommt ein komplettes Set mit imprägnierten Schläuchen auf 1692,00 Euro und ist somit um 350,00 Euro teurer als das Set mit nativen Schläuchen.

Nun stellt sich die Frage, ob der Einsatz eines teureren Katheters für die Klinik denn tatsächlich von Nutzen sein kann.

Eine Shuntinfektion kostet die Klinik etwa 20.000 Euro. Für diese 20.000 Euro kann man 57,1 Sets mit imprägnierten Schläuchen kaufen.

Hier ergaben sich Shuntinfektionsraten von 4,7% innerhalb der Gruppe mit imprägnierten Kathetern und 8,1% in der Kontrollgruppe.

Wenn die Infektionsrate durch den Einsatz der imprägnierten Schläuche auf 2 Infektionen pro 100 Patienten gesenkt werden kann, dann lohnt sich bereits die Anschaffung dieser Katheter.

Hier liegt die Infektionsrate in der Kontrollgruppe bei 8,1%, was erheblich höher ist als die 4,7% in der Gruppe der imprägnierten Schläuche. Bei 100 Implantationen liegen die Kosten für Shuntinfektionen bei 160.000 Euro, wohingegen die Kosten durch die imprägnierten Katheter halbiert werden (80.000 Euro) können.

Somit könnte bei der hiesigen Datenlage durch den konsequenten Einsatz der imprägnierten Katheter Geld gespart werden und es würde sich lohnen, allen Patienten diese Katheter zu implantieren.

7. Ergebnis

Bei der Auswertung der Daten in dieser Arbeit hat sich gezeigt, dass der imprägnierte Shunt das Infektionsrisiko senkt. Über den Beobachtungszeitraum traten weniger Infektionen auf als in der Kontrollgruppe.

Prinzipiell wurden aufgrund der höheren Kosten die imprägnierten Katheter bei Patienten mit erhöhtem Infektionsrisiko eingesetzt. Selbst unter diesen Voraussetzungen konnte die Infektionshäufigkeit gegenüber der Kontrollgruppe mit Patienten mit einem niedrigeren Risikoprofil noch gesenkt werden.

All dies spricht für die Wirksamkeit des imprägnierten Katheters.

Die Befürchtungen bezüglich schlechter Verträglichkeit, Toxizität oder Resistenzbildung konnten hier nicht bestätigt werden. Die Katheter wurden allesamt gut vertragen. Im Vergleich zur Kontrollgruppe wurden sogar weniger Revisionen und weitere Operationen notwendig.

Aufgrund der niedrigen Dosierung traten toxische Reaktionen nicht auf, auch wurden keine allergischen Reaktionen auf die antibiotische Beschichtung bekannt.

Bezüglich der Resistenzbildung wurden hier keine Auswertung vorgenommen. Aus der Literatur geht hervor, dass mit möglichen Resistenzentwicklungen aufgrund der niedrigen Dosierung und der streng lokalen Abgabe nicht zu rechnen ist. Auch werden die Antibiotika nur über einen gewissen Zeitraum von etwa vier Wochen abgegeben, was Resistenzentwicklungen ebenfalls vorbeugt. Insgesamt überwiegen somit die Vorteile des im Jahre 2000 eingeführten antibiotika-beschichteten Katheters. Ein Nachteil jedoch, der die Anwendung beschränkt, ist noch immer der Preis. Pro Katheter sind es 350 Euro, die der beschichtete Katheter an Mehrkosten verursacht.

Dies ist auch der Faktor, der die Anwendung des Katheters bei allen Patienten problematisch macht.

Bei Patienten mit vermutetem erhöhtem Infektionsrisiko wird der Katheter seinen Einsatz haben, da dort durch die vermiedenen Infektionen eine gewisse Kostenersparnis erzielt werden kann. Dennoch ist festzustellen, dass auch mit imprägniertem Katheter Infektionen auftreten. Die Infektionen sind zwar, wie

hier dargestellt wurde, seltener, müssen allerdings in die Kosten-Nutzen-Rechnung mit eingeplant werden. Neben den hohen Katheterkosten müssen in diesen Fällen die Mehrkosten für die Klinik ebenfalls berücksichtigt werden. Daher wird der imprägnierte Katheter nicht konsequent bei allen Patienten Anwendung finden.

Aufgrund der Studie wird der Katheter an der Universitätsklinik Tübingen in der Abteilung Neurochirurgie weiter für Patienten mit hohem Risikoprofil verwendet werden.

Patienten ohne Risikofaktoren werden allerdings weiterhin mit den nativen Kathetern und der antibiotischen Prophylaxe versorgt werden. Bei Patienten mit niedrigem Risikoprofil sind die Ergebnisse bezüglich des Infektionsrisikos ebenfalls gut. Somit spricht nichts dagegen, den nativen Katheter dort weiterhin zu verwenden.

Der Einsatz des antibiotika-imprägnierten Shunts wird somit auch in Zukunft eine Entscheidung sein, die der Operateur bei jedem Patienten individuell und aufgrund seiner bisherigen Erfahrungen zu treffen hat.

Literaturverzeichnis:

- 1) Abed W T, Alavijeh M S, Bayston R, Shorvon S D, Patsalos P N (1994): An evaluation of the epileptogenic properties of a rifampicin/clindamycin-impregnated shunt catheter
British Journal of Neurosurgery 8, 725–730
- 2) Alleyne C H, Hassan M, Zabramski J M (2000): The efficacy and cost of prophylactic and periprocedural antibiotics in patients with external ventricular drains
Neurosurgery 47; 1124-1129
- 3) Aryan H E, Meltzer H S, Park M S, Bennett R L, Jandial R, Levy M L (2005): Initial experience with antibiotic-impregnated silicone catheters for shunting of cerebrospinal fluid in children
Childs Nervous System 21; 56-61
- 4) Bach A, Böhler H, Motsch J, Martin E, Geiss H K, Sonntag H-G (1993): Prevention of catheter-related infections by antiseptic bonding.
Journal of Surgical Research 55, 640-646
- 5) Bach A, Böhler H, Motsch J (1996): Infektionen durch intravasale Katheter
Anaesthesist 45; 1111-1126
- 6) Bayston R, Lari J (1974): A study of the sources of infection in colonised shunts
Developmental Medicine and Child Neurology 16; 16-22
- 7) Bayston R, Hart C A, Barnicoat M (1987): Intraventricular vancomycin in the treatment of ventriculitis associated with cerebrospinal fluid shunting and drainage
Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry 50, 1419-1423
- 8) Bayston R, Grove N, Siegel J, Lawellin D, Barsham S (1989): Prevention of hydrocephalus catheter colonisation in vitro by impregnation with antimicrobials
Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry 52, 605-609
- 9) Bayston R, Lambert E (1997): Duration of protective activity of cerebrospinal fluid shunt catheters impregnated with antimicrobial agents to prevent bacterial catheter-related infection.
Journal of Neurosurgery 87, 247-251
- 10) Bayston R, Ashraf W, Bhundia C (2004): Mode of action of an antimicrobial biomaterial for use in hydrocephalus shunts
Journal of Antimicrobial Chemotherapy 53, 778-782

- 11) Brown E M, de Louvois J, Bayston R (1994): Antimicrobial prophylaxis in neurosurgery and after head injury
Lancet 344; 1547-1551
- 12) Çağavi F, Akalan N, Çelik H, Gür D, Güçiz B (2004): Effect of hydrophilic coating and microorganism colonization in silicone tubing
Acta Neurochirurgica (Wien)146, 603-610
- 13) Choi S, McComb J G, Levy M L, Gonzalez-Gomez I, Bayston R (2003): Use of elemental iodine for shunt infection prophylaxis
Neurosurgery 52, 908-913
- 14) Dorouiche R O, Raad I I, Heard S O, Thornby J I, Wenker O C, Gabrielli A, Berg J, Khardori N, Hanna H, Hachem R, Harris R L, Mayhall G (1999): A comparison of two antimicrobial-impregnated central venous catheters. Catheter study group
New England Journal of Medicine 340, 1-8
- 15) Drake J M, Kestle J R W, Milner R, Cinalli G, Boop F, Piatt J, Haines S, Schiff S J, Cochrane D D, Steinbok P, MacNeil N (1998): Randomized trial of cerebrospinal fluid shunt valve design in pediatric hydrocephalus
Neurosurgery 43; 294-306
- 16) Govender S T, Nathoo N, van Dellen J R (2003): Evaluation of an antibiotic-impregnated shunt system for the treatment of hydrocephalus
Journal of Neurosurgery 99, 831-839
- 17) Haffner D, Schindera F, Aschoff A, Matthias S, Waldherr R, Scharer K (1997): The clinical spectrum of shunt nephritis
Nephrology Dialysis Transplantation 12, 1143-1148
- 18) Haines S J, Walters B C (1994): Antibiotic prophylaxis for cerebrospinal fluid shunts: A metaanalysis
Neurosurgery 34; 87-93
- 19) Hampl J, Schierholz J, Jansen B, Aschoff A (1995): In vitro and in vivo efficacy of a rifampicin-loaded silicone catheter for the prevention of CSF shunt infections
Acta Neurochirurgica 133; 147-152
- 20) Hirsch J F (1992): Surgery of hydrocephalus: past, present and future
Acta Neurochirurgica (Wien) 116; 155-160
- 21) Iannelli A, Rea G, Di Rocco C (2005): CSF shunt removal in children with hydrocephalus
Acta Neurochirurgica (Wien) 147; 503-507

- 22) Jamjoom A, Ur-Rahman H-G, Whittle (1992): Unique complications of cerebrospinal fluid shunts in children – A report of 2 cases
Neurochirurgica 35, 752-756
- 23) Kanter R K, Weiner L B, Patti A M, Robson L K (1985): Infectious complications and duration of intracranial pressure monitoring
Critical Care Med 13, 837-839
- 24) Karabatsou K, Quigley G, Buxton N, Foy P, Mallucci C (2004): Lumboperitoneal shunts: are the complications acceptable?
Acta Neurochirurgica (Wien) 146; 1193-1197
- 25) Kiefer M, Eymann R, Meier U (2002): Five years experience with gravitational shunts in chronic hydrocephalus of adults
Acta Neurochirurgica 144; 755-767
- 26) Kumar R, Singh V, Kumar M V (2005): Shunt revision in hydrocephalus
Indian J Pediatr 72, 843-847
- 27) Lam C H, Villemure J G (1997): Comparison between ventriculoatrial and ventriculoperitoneal shunting in the adult population
British Journal of Neurosurgery 11, 43-48
- 28) Leland Albright A, Haines J S, Taylor F H (1988): Function of parietal and frontal shunts in childhood hydrocephalus
Journal of Neurosurgery 69, 883-886
- 29) Levy M L, Luu T, Meltzer H S, Bennett R, Bruce D A (2004): Bacterial adhesion to surfactant-modified silicone surfaces
Neurosurgery 54, 488-491
- 30) Mahlmann E, Schwarz M, Voth D (1983): Komplikationen der peritonealen Shuntverfahren
S. 277-281 in: Voth, P, Gutjahr, P, Glees, P: *Hydrocephalus im frühen Kindesalter*.
1. Auflage, Enke, Stuttgart
- 31) Morissette I, Gourdeau M, Francoeur J (1993): CSF shunt infections: a fifteen year experience with emphasis on management and outcome.
Canadian Journal of Neurological Science 20, S. 118-122
- 32) Mrozik E (1984): Zur Geschichte der Therapie des Hydrocephalus und Spina bifida
Med. Dissertation, Universität München

- 33) Müller-Korbsch B-L (2001): Klinischer Vergleich des programmierbaren Medos-Ventils (132 Fälle) mit dem nicht programmierbaren Hakim-Ventil (81 Fälle). Eine retrospektive Studie
Med. Dissertation, Universität Tübingen
- 34) Mumenthaler M, Mattle H (1997): Neurologie
S. 147-148 in: Pathophysiologie und Pathogenese des Hydrocephalus
10. Auflage, Georg Thieme Verlag Stuttgart
- 35) Mutschler E, Geislinger G, Kroemer H, Schäfer-Korting M (2001):
Mutschler Arzneimittelwirkungen
S. 799-800; 827-828 in: Antibakteriell wirkende Pharmaka
8. Auflage, Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH, Stuttgart
- 36) Schierholz J M, Pulverer G , Rump A F E (1998): Schwierige Suche nach
neuen Werkstoffen
Deutsches Ärzteblatt 95; 1006-1009
- 37) Sitte W (2002): Eine vergleichende Analyse von Cefuroxim und
Cefotaxim in der perioperativen Infektionsprophylaxe bei
neurochirurgischen Operationen
Med. Dissertation; Universität Tübingen
- 38) White B, Kropp K, Rayport M (1991): Abdominal cerebrospinal fluid
pseudocyst occurrence after intraperitoneal urological surgery in children
with ventriculoperitoneal shunts.
Journal of Urology 146, 583-587
- 39) Will B : Reduktion von Shuntinfektionen durch die Anwendung von
Bactiseal® Kathetern
23. November 2004; Homburg/Saar
- 40) Zabramski J M, Whiting D, Darouiche R O, Horner T G, Olson J,
Robertson C, Hamilton A J (2003): Efficacy of antimicrobial-impregnated
external ventricular drain catheters: a prospective, randomized,
controlled trial
Journal of Neurosurgery 98; 775-730
- 41) Zimmerli W, Schaffner A (1999): Thiemes Innere Medizin
S. 1802-1803 in: Infektionen nach neurochirurgischer Implantation von
Shunts
Georg Thieme Verlag Stuttgart

Lebenslauf:

Karin Aukthun

geb. am 11.09.1976

in Lahr/Schwarzwald

1983 – 1987 Ludwig-Fank-Grundschule in Schwanau

1987 – 1996 Max-Planck-Gymnasium in Lahr

Juni 1996 Abitur

1996 – 1999 Krankenschwesterausbildung in Bad Cannstatt
(Krankenhaus vom Roten Kreuz)

August 1999 Krankenpflege-Examen

10/1999 – 03/2000 Krankenschwester beim ambulanten Pflegedienst in
Schwanau

03/2000 Beginn des Medizinstudiums in Tübingen

04/2005 – 06/2006 Praktisches Jahr im Krankenhaus Bad Cannstatt mit Teilen
in Letterkenny (*Irland*) und Zürich (*Schweiz*)

31. Mai 2006 3. Staatsexamen

07/2006 Assistenzärztin in der medizinischen Klinik im Krankenhaus
Bad Cannstatt