Diplomarbeit

Infektionsverhütung bei unfallchirurgischen Operationen im Wandel der Zeit

eingereicht von
Moser Lisa

zur Erlangung des akademischen Grades
Doktor der gesamten Heilkunde
(Dr. med. univ.)

an der
Medizinischen Universität Graz

ausgeführt am

Institut für Experimentelle und Klinische Pharmakologie
unter der Anleitung von

Univ. Prof. i.R. Mag. pharm. Dr. phil. Eckhard BEUBLER

Und

ao. Univ.-Prof. Dr. med. univ. Josef DONNERER

Graz, November 2016

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre ehrenwörtlich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst habe, andere als die angegebenen Quellen nicht verwendet habe und die den benutzten Quellen wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Graz, am 17.11..2016 Moser Lisa eh.

Zusammenfassung

Titel

Infektionsverhütung bei unfallchirurgischen Operationen im Wandel der Zeit

Hintergrund

Seit dem Beginn der Chirurgie stellt die Infektion der Operationswunde eine der größten Herausforderung an jeden Chirurgen. Die Prophylaxe einer postoperativen Wundinfektion ist ein sehr komplexes Thema und hat aber sowohl für den Patienten aber auch für das Gesundheitswesen eine sehr große Bedeutung. Die Möglichkeiten das Risiko einer postoperativen Wundinfektion zu senken, kann durch viele unterschiedliche Methoden und Maßnahmen erreicht werden. Im Laufe der Zeit gab es einige beeindruckende Pioniere in diesem Themengebiet und vor allem gegen Ende des 19. Jahrhunderts wurden bahnbrechende Entdeckungen gemacht, die uns heute noch in den modernen Operationssälen begegnen.

Methoden

Diese Diplomarbeit ist als eine Analyse von aktueller aber auch historischer Literatur zu verstehen. Zur Erstellung dieser Publikation wurden Quellen aus der medizinischen Datenbank „PubMed“, aber auch Artikel und Studien aus Fachlexika sowie diverse Lehrbücher verwendet.

Schlussfolgerung

Im Laufe der Zeit konnte die Rate der postoperativen Wundinfektionen stets immer weiter gesenkt werden. Heutzutage werden prophylaktische Maßnahmen sowohl präoperativ als auch intra- und postoperativ routinemäßig durchgeführt. Trotz der konsequenten Durchführung und Bemühungen der einzelnen Kranken- und Gesundheitseinrichtungen sind die postoperativen Wundinfektionen dennoch eine weit verbreitete und vor allem gefürchtete Komplikation. Deshalb ist die Surveillance aber auch die kontinuierliche Weiterentwicklung der Maßnahmen zur Infektionsprävention von großer Bedeutung für die moderne Medizin und Chirurgie.

Schlüsselwörter

Nosokomiale Infektion, Infektionsprophylaxe, postoperative Wundinfektion

Summary

Titel

Prevention of infections during trauma and orthopedic surgery through the ages

Background

Since the beginning of surgeries, an infection of the surgery wound is one of the main challenges for surgeons. Nonetheless, the prophylaxis of a postoperative wound infection is very complex but has a great significance not only for the patient, but also for the health care system. To reduce the risk of a wound infection various methods and actions can be applied. These measures have been discovered in the last centuries, especially at the end of the 19th century by great pioneers. Astonishingly, many of these achievements are still put into practice in today's operating rooms.

Methods

This diploma thesis is an analysis of modern and historical literature about the aforementioned topic. Not only is this thesis based on sources from a medical database called "PubMed" but also on articles and reference books as well as research studies from medical encyclopedias.

Conclusion

In the course of time, the number of postsurgical wound infections could be decreased. Today, prophylactical measures are not only routinely taken after the surgery, but also preoperatively and intraoperatively. However, despite the systematic implementation of prophylactical actions in hospitals and health facilities, postsurgical wound infections are widespread and dreaded. Therefore, surveillance and further development of the prophylactic measures taken in operation rooms to prevent postsurgical wound infections are of crucial importance for modern medicine and surgery.

Keywords

Surgical Site Infection, prevention of infection, surveillance of SSI

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung Postoperative Wundinfektionen surgical site infection (SSI) 1
1.1. Definition 1
1.2. CDC Klassifikation 2
1.2.1. Postoperative oberflächliche Wundinfektion 2
1.2.2. Postoperative tiefe Wundinfektion 2
1.2.3. Infektionen von Organen/Körperhöhlen im OP-Gebiet 3
2. Surveillance 4
2.1. Bedeutung 4
2.2. NNIS Risiko Index 5
2.3. SSI-Surveillance Österreich 2014 5
2.3.1. Beispiel Hüftprothesen Operation 6
3. Geschichte der Unfallchirurgie 7
4. Erreger 9
4.1. Keimspektren 9
4.2. Infektionsquellen 9
4.2.1. Endogene Erregerübertragung 10
4.2.2. Endogene Erregerübertragung 10
5. patienteneigene Risikofaktoren 11
5.1. Diabetes mellitus 11
5.2. Adipositas 11
5.3. Mangelernährung 11
5.4. Rauchen 12
5.5. Anämie 12
5.6. Immunsupression 12
6. präoperative Maßnahmen 13
6.1. präoperativer stationärer Aufenthalt 13
6.2. präoperative Sanierung (Infektionen und Kolonisation des Patienten) 13
6.2.1. Beispiel Staphylokokkus Aureus 13
6.3. präoperative Antibiotikaprophylaxe 14
6.3.1. aktuelle Empfehlung 15
6.3.2. Rechtliche Grundlagen 16
6.4. präoperative Haarentfernung 16
6.5. präoperative Körperreinigung 17
6.6. präoperative Darmentleerung 18
7. intraoperative Maßnahmen 18

7.1. Antiseptik des Operationsfeldes ... 19
7.1.1. Geschichte der Antiseptik Ignaz Philipp Semmelweiss (1818-1865) ... 20
7.1.2. Präoperative Hautantiseptik ... 21
7.1.3. Abdeckung des OP-Feldes ... 22
7.1.4. Patientenkleidung ... 23
7.2. Bereichs- und Schutzkleidung ... 23
7.2.1. Ein- und Ausschleusen ... 23
7.2.2. Material ... 24
7.3. spezielle Bereichs- und Schutzkleidung ... 25
7.3.1. Geschichte der Bekleidung der Chirurgen ... 25
7.3.2. Bekleidung der Chirurgen im 21. Jahrhundert ... 28
7.3.3. Kopfbedeckung ... 29
7.3.4. Mund-Nasen-Schutz ... 30
7.3.5. Handschuhe ... 30
7.3.6. Mantel ... 31
7.3.7. Augenschutz ... 32
7.4. Chirurgische Händedesinfektion ... 32
7.4.1. Waschphase ... 33
7.4.2. Desinfektionsphase ... 33
7.5. Asepsis abhängig von Art und Technik der OP ... 34
7.5.1. Entwicklung des aseptischen Operationsverfahren ... 35
7.5.2. Inzisionen (Hautschnitt, Wunderöffnung) ... 36
7.5.3. Wundklassifikation ... 37
7.5.4. OP-Dauer ... 38
7.5.5. Blutsperre ... 38
7.5.6. Fremdkörper, Implantate ... 39
7.5.7. Wundverschluss ... 39
7.5.8. Wunddrainage ... 40
7.5.9. Wundverband ... 41
7.6. Oxygenierung und Lungenfunktion ... 42
8. OP-Räumlichkeiten ... 43
8.1. Entwicklung des aseptischen OP-Verfahrens ... 43
8.2. Belüftung und Klimatisierung ... 45
8.3. Zutritt zum OP-Saal ... 47
Abkürzungen ... viii
Literature Cited ... ix

1. Einleitung

Postoperative Wundinfektionen

surgical site infection (SSI)

1.1. Definition

Wenn in einer durch ein invasiv chirurgisches Verfahren entstandenen Wunde innerhalb von 30 postoperativen Tagen eine Infektion entsteht, spricht man von einer postoperativen Wundinfektion (=surgical site infection – SSI) (1). Es liegen lokale oder systemische Infektionszeichen (z.B. Schmerz, Rötung, Überwärmung, Schwellung, Fieber, ...) als Reaktion auf vorhandene Mikroorganismen oder ihre Toxine vor. Dabei darf kein Hinweis vorhanden sein, dass die Infektion bereits zum Zeitpunkt der Aufnahme im Krankenhaus symptomatisch oder in der Inkubationszeit vorhanden war (2).

Neben Harnwegsinfekten und Pneumonien zählen SSI's zu den drei häufigsten nosokomial erworbenen Infektionen in der westlichen Welt (3). Im Vergleich dazu sind die postoperativen Wundinfektionen in Ländern der Dritten Welt mit Abstand die häufigsten nosokomialen Infektionen (4). Diese Infektionen können aber nicht nur im Krankenhaus, sondern auch in anderen Gesundheitseinrichtungen auftreten, deshalb spricht man heute von den so genannten „health-care associated infections" (HAI) (5). Beispiele für SSI's in der Unfallchirurgie wären Osteitis, Gelenksinfektion oder ein periprothetischer Infekt (3).

Postoperative Wundinfektionen sind eine weitverbreitete und sehr gefürchtete Komplikation in der gesamten Chirurgie. Einerseits haben sie für den Patienten oft schwere gesundheitliche und beruflich-soziale Folgen wie zum Beispiel ein verlängerter Krankenhausaufenthalt oder erhöhte Mortalität (6). Andererseits haben diese postoperativen Komplikationen enorme finanzielle Auswirkungen auf unser Gesundheitssystem. Im Durchschnitt verlängert sich der Krankenhausaufenthalt bei einer SSI im Rahmen einer Hüftprothese um 17 Tage, dabei fallen zusätzliche Kosten von zirka 3.500€ für unser Gesundheitssystem an (4).

1.2. CDC Klassifikation

Standardmäßig werden die postoperativen Wundinfektionen nach festgelegten klinischen Kriterien definiert, wobei man drei Arten unterscheiden kann (1).

1.2.1. Postoperative oberflächliche Wundinfektion

Innerhalb von 30 Tagen postoperativ infizierte Inzisionsstelle, welche nur die Haut oder das subkutanes Gewebe betrifft.

Zusätzlich muss einer der folgenden Kriterien zutreffen:

- Eitrige Sekretion
- Kultureller Nachweis von Erregern in Wundsekret oder Gewebe, das von der oberflächlichen Inzision aseptisch entnommen wurde
- Zeichen einer Entzündung:
  Schmerz, Berührungsempfindlichkeit, Schwellung, Rötung, Überwärmung
- Diagnose des behandelnden Arztes (2)

1.2.2. Postoperative tiefe Wundinfektion

Innerhalb von 30 Tagen postoperative Infektion (bei in situ Implantaten bis zu einem Jahr postoperativ), die die Faszienschicht und das Muskelgewebe betrifft. Die Infektion scheint in Zusammenhang mit der Operation zu stehen.

Zusätzlich trifft eines der folgenden Kriterien zu:

- Eitrige Sekretion aus der Tiefe der Inzision, aber nicht aus dem operierten Organ bzw. Körperhöhle
- Spontan oder vom Chirurgen bewusst geöffnet, wenn eines der folgenden Symptome vorliegt: mehr als 38°C Körpertemperatur, lokaler Schmerz oder erhöhte

Berührungsempfindlichkeit. (Bei einer negativen mikrobiologischen Kultur, die aus der Tiefe der Inzision entnommen wurde, gilt dieses Kriterium allerdings nicht mehr.)

- Während der klinischen Untersuchung, Revisionsoperation, radiologischer oder histopathologischer Untersuchung wird ein Abszess oder andere Zeichen einer Infektion, die die tiefen Schichten betrifft, sichtbar.
- Diagnose des behandelnden Arztes (2)

1.2.3. Infektionen von Organen/Körperhöhlen im OP-Gebiet

Postoperative Wundinfektion innerhalb von 30 Tagen (bei in situ Implantaten bis zu einem Jahr postoperativ), welche die Organe oder Körperhöhlen betrifft, die während der Operation geöffnet wurden oder an denen manipuliert wurde. Die Infektion scheint in Zusammenhang mit der Operation zu stehen. Zusätzlich trifft eines der folgenden Kriterien zu:

- Eitrige Sekretion aus einer Drainage, welche in Verbindung zu dem Organ oder der Körperhöhle steht.
- Kultureller Erregernachweis aus Wundsekret oder Gewebe aus einem Organ bzw. Körperhöhle im OP-Gebiet, das aseptisch entnommen wurde.
- Während der klinischen Untersuchung, Revisionsoperation, radiologischer oder histopathologischer Untersuchung wird ein Abszess oder andere Zeichen einer Infektion des Organs bzw. der Körperhöhle im Operationsgebiet sichtbar.
- Diagnose des behandelnden Arztes (2)

2. Surveillance

2.1. Bedeutung

Die Überwachung von postoperativen Wundinfektionen stellt Daten zur Verfügung die Handlungen zur Reduktion des Infektionsrisikos beeinflussen können (7). Eine kontinuierliche Surveillance führt zu einer stetigen Verbesserung aller beteiligten Prozesse betreffend Vorbereitung, Durchführung sowie Nachsorge und somit zu einer deutlich verbesserten Qualität der Patientenversorgung (8). Andererseits werden diese Daten für die Aufklärung des Personals aber auch des Patienten über ein mögliches Risiko einer SSI genutzt (7). Da die Erfassung von HAI sehr komplex ist, ist die Verwendung von standardisierten Kriterien und verfügbare mikrobiologische Diagnostik notwendig. Um eine kontinuierliche Surveillance durchzuführen, benötigt man ausreichend personelle Ressourcen sowie eine gute Ausbildung von diesen für die Erhebung und Interpretation der erhobenen Daten (5).

Als erster Epidemiologe zur Surveillance von HAI gilt Ignaz Philipp Semmelweis, der im Jahre 1846 die erste Kohorten-Studie über HAI durchgeführt hat. Als Geburtshelfer an der Universitätsklinik für Frauenheilkunde untersuchte er den Ausbruch von Kindbettfieber an einer geburtshilflichen Station. Ignaz Semmelweis erkannte dabei, dass Infektionen durch Übertragung von infektiösem Material entstehen. Er führte die Hände-Desinfektion mittels Chlorkalk ein und somit gelang es ihm die Infektionsrate im nächsten Jahr deutlich zu senken (9).

Nach Schätzungen des ECDC erkranken in Europa jedes Jahr über 4 Millionen Patienten und Patientinnen an einer HAI. Als Folge dieser Infektionen sterben jährlich mindestens 37.000 Personen in Europa (5).

2.2. NNIS Risiko Index

Das US-amerikanische System, früher NNIS aktuell NHSN, dient als Grundlage zur Erfassung der postoperativen Wundinfektionen (10). Von diesem Gesundheitssicherheitsnetzwerk wurde der NNIS-Risiko-Index entwickelt, welcher dazu dient chirurgische Patientinnen und Patienten anhand von drei Hauptrisikofaktoren in vier Kategorien einzuteilen (5).

Parameter		**Risikopunkt**
ASA Score	< 3 ≥ 3	0 1
Kontaminationsklasse	< III ≥ III	0 1
Eingriffsdauer	Dauer liegt unter der 75. Perzentile der jeweiligen OP Dauer liegt über der 75. Perzentile der jeweiligen OP	0 1

Im Rahmen von Vergleichen zwischen Spitälern ermöglicht dieser Index die Berechnung der Infektionsraten unter Berücksichtigung von Patienten eigener Risiken. Allen voran wird er dazu verwendet um die Auswirkungen von Unterschieden im case-mix zu vermindern (10).

2.3. SSI-Surveillance Österreich 2014

Anhand von elf verschiedenen Indikator-Operationen wurden für das Jahr 2014 Daten von 14.228 Operationen aus insgesamt 69 Krankenanstalten beziehungsweise 86 Abteilungen gesammelt und ausgewertet (Stand 30.9.2015). Insgesamt steigt die Anzahl der erfassten Operationen stetig an. Es lässt sich eine Verschiebung der Diagnose HAI in den ambulanten Bereich feststellen, wodurch eine gute Zusammenarbeit zwischen operativer Einheit und ambulanter Betreuung sowie ambulante Infektionserfassung immer größere Bedeutung hat.

Dabei zeigt sich bei insgesamt 104 Operationen während dem Jahr 2014 eine

postoperative Wundversorgung. Anhand der ausgewählten Indikator-Operationen konnten folgende Infektionsraten festgestellt werden:

Operation	Infektionsrate
Koronararterien-Bypass-Operation	4,4 %
Operationen am Dickdarm	3,8 %
Gallenblasen OP	1 %
Hüftprothesen OP	0,7 %
Knieprothesen OP	0,7 %
Kaiserschnitt OP	0,4 %
Mastektomie	0,2 %

Tabelle 1 Inzidenz von postoperativen Wundinfektionen in Österreich 2014

Im 3 Jahres-Vergleich von 2012-2014 zeigt sich eine deutliche Abnahme von postoperativen Wundinfektionen bei Operationen am Dickdarm und bei Koronararterien-Bypass-Operationen. Bei den übrigen Operationen blieb die Infektionsrate annähernd gleich (5).

2.3.1. Beispiel Hüftprothesen Operation

Im Jahr 2014 wurden insgesamt Daten von 5.820 Hüftprothesen Operationen erfasst, die Inzidenz einer postoperativen Wundinfektion betrug 0,7% (43 Fälle). Von diesen 43 Fällen von SSI waren 15 im Rahmen des stationären Aufenthaltes (5).

Im internationalen Vergleich der ECDC wurden für das Untersuchungs-Jahr 2012 insgesamt 146.790 Daten von Operationen einer Hüftprothesen übermittelt, bei 1.526 zeigte sich eine postoperative Wundinfektionen. Die Inzidenz von SSI bei Hüftprothesen in Österreich liegt dabei geringfügig unter dem EU-Durchschnitt (5).

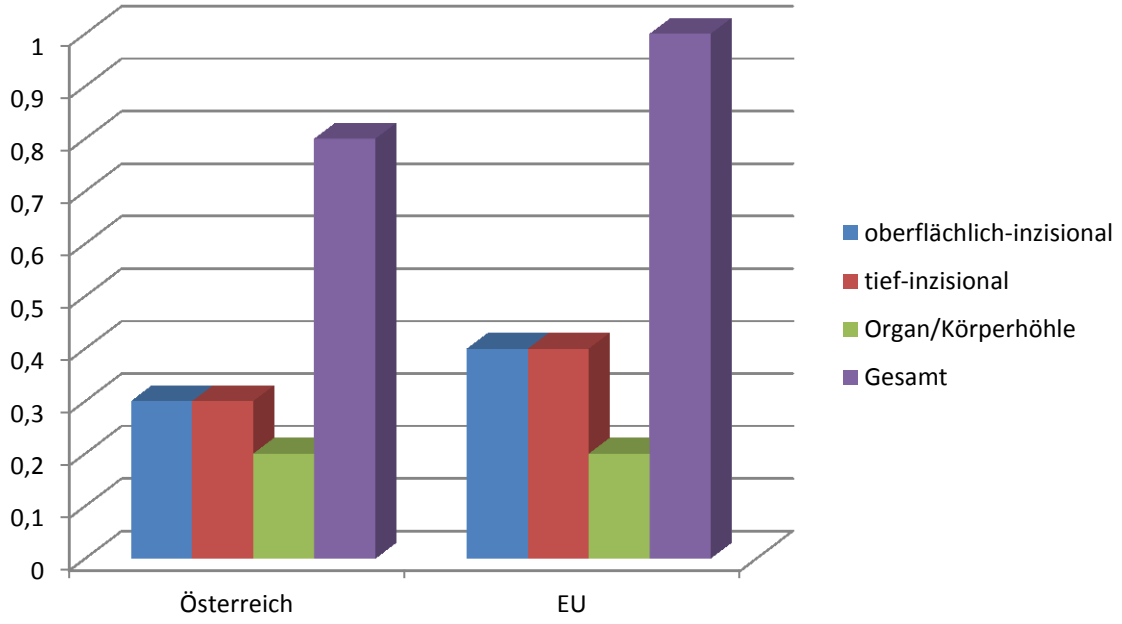

Tabelle 2 Kumulative Inzidenz (%) der SSI nach Hüftprothesen-OP (nach Art der Infektion) Ö und EU 2012

3. Geschichte der Unfallchirurgie

Die Unfallchirurgie ist die Mutter der gesamten Chirurgie und geht zurück bis in die frühe Steinzeit. Historische Funde liefern Beweise für eine überlebte Trepanation des Schädels, welche erstmals in der Steinzeit durchgeführt wurde. Einer der ältesten Eingriffe aus dem Bereich der Unfallchirurgie ist die bereits in der Antike durchgeführte Amputation einer Gliedmaße.

Vom alten Griechenland sind zahlreiche schriftliche Dokumentationen von chirurgischen Eingriffen überliefert. Beweise für diese chirurgische Hochkultur findet man ebenfalls im alten Ägypten von der Zeit um das 16. Jahrhundert.

Im alten Rom kommt bereits erstmals der Gedanke der Wiederherstellung oder Rehabilitation nach einem Unfall auf. Grund dafür ist neben dem menschlichen Aspekt aber vor allem die Erhaltung der Kampfkraft. Aus diesen

Aufgabenstellungen entwickelte sich die Unfallchirurgie und kann nun von der Chirurgie der Krankheiten differenziert werden.

Die Unfallchirurgie der Renaissance ist geprägt von der Versorgung von Verletzungen und Wunden, die durch die Weiterentwicklung der Waffentechniken und vor allem durch die Einführung von Schusswaffen einem starken Wandel unterzogen waren. Andreas Vesal (1515 – 1564) schaffte in der Renaissance erste Voraussetzungen zur chirurgischen Systematik und Grundlagen für die neuzeitliche Anatomie des Menschen. Obwohl die vielen europäischen Kriege nichts Gutes brachten, hatten sie für die chirurgische Medizin einen Nutzen. Neue chirurgische Erkenntnisse und Fortschritte wurden rasch in den Nachbarstaaten verbreitet, so auch die Pionierleistungen des Franzosen Ambroise Paré (1510 – 1590). Er führte nicht nur die Gefäßunterbindung bei Gliedmaßenamputationen durch, sondern er diagnostizierte erstmals einen Schenkelhalsbruch und konstruierte erste Kunstglieder.

Für die Entwicklung der Chirurgie ab der Neuzeit ist der Chirurg Lorenz Heister (1683 – 1758) von großer Bedeutung. Er schrieb das Lehrbuch der Chirurgie, welches als erstes seiner Art 1718 in Deutsch veröffentlicht wurde und dann in viele Sprachen übersetzt wurde. Dieses Buch beinhaltet die systematische gesamte Chirurgie der damaligen Zeit, ergänzt von den zahlreichen Erfahrungen die Lorenz Heister selbst im Rahmen des Spanischen Erbfolgekrieges miterlebt hat. Somit war der Bann gebrochen und es entwickelten sich zahlreiche Chirurgieschulen von akademischem Rang in ganz Deutschland aber auch Frankreich und England.

Die Rückführung der Chirurgie zu wissenschaftlichen Medizin erfolgt erst Anfang des 19. Jahrhunderts. Durch vergleichende Fallbeschreibungen und das sich daraus entwickelte nachprüfbare naturwissenschaftliche Experiment waren die wichtigsten Punkte der sich abzeichnenden Neuorientierung der Chirurgie.

Die neuzeitliche Chirurgie ist geprägt von zwei bahnbrechenden Ereignissen: die Erfindung der Narkose 1846 und Entdeckung der Ursache der Wundinfektion durch Ignaz Semmelweiß (1818 – 1865). Darauf folgte die Entwicklung des ersten Antiseptikums 1867 durch Lord Joseph Lister (1827 – 1912). Der Wechsel von der Antiseptik zur Aseptik war einerseits von neuen bakteriologischen Erkenntnissen von Koch, Graffky und Löffler, andererseits von schonenderen Operationstechniken geprägt (11).

4. Erreger

4.1. Keimspektren

Die Absonderung von Eiter aus Verletzungswunden galt über viele Jahrhunderte als ein Zeichen von normaler Wundheilung. Die operativen Behandlungsmöglichkeiten waren bis vor 150 Jahren einerseits durch die begrenzten Anästhesiemöglichkeiten, andererseits durch die hohen Infektionsraten limitiert. Nach offenen Verletzungen zeigten sich beinahe 100% Infektionen und offene Unterschenkelfrakturen zeigten eine Letalitätsrate von über 50% (11).

Heutzutage sind die Erreger der postoperativen Wundinfektion in den meisten Fällen Bakterien, selten können es aber auch Pilze oder andere Erreger sein. Die Daten des Krankenhausinfektions-Surveillance-Systems KISS umfasst für den Zeitraum von 1997-2004 insgesamt 1631 gewonnene Isolate aus dem Bereich Traumatologie/Orthopädie. Im Vergleich zur Allgemeinchirurgie, Herzchirurgie und Geburtshilfe zeigt sich ein großer Unterschied des Erregerspektrums. Mit 42,7% war S. aureus der am meisten vertretene Erreger, gefolgt von Koagulase negativen Staphylokokken mit 19,4% im Bereich der Traumatologie/Orthopädie. In der Allgemeinchirurgie verursachten E.coli mit 22,6% die meisten postoperativen Wundinfektionen (12).

4.2. Infektionsquellen

Damit die Erreger der Wundinfektion in das Wundgebiet gelangen, gibt es zwei mögliche Wege:

- exogen (von außen)
- endogen (von der Haut bzw. Schleimhaut des Patienten)

Die meisten SSIs entstehen in der ersten postoperativen Woche nach primärem Wundverschluss. Im Allgemeinen gilt, dass jede Stauung/Ansammlung von Transsudat oder Exsudat, devitales Gewebe, jeder Fremdkörper und eine Minderung der Durchblutung das potentielle Infektionsrisiko deutlich erhöhen.

4.2.1. Endogene Erregerübertragung

Trotz der gut entwickelten Standards der präoperativen Hautdesinfektion ist es nicht möglich, die physiologische Flora von Haut, Schleimhaut und Konjunktiven vollständig zu entfernen. Dadurch stellt die körpereigene Flora das Haupterregerquelle für postoperative Wundinfektionen dar (12). Neueste Studien haben gezeigt, dass man durch ein präoperatives nasales MMSA und MRSA Screening mit anschließender selektiver Dekolonisation (v.a. S. aureus) die SSI Rate deutlich senken kann (4).

Ein weiterer endogener Weg der Kontamination ist über das Blut oder Lymphe, wobei die Infektionsdosis für eine Wundinfektion durch Fremdkörper (Implantate, Nahtmaterial,…), Ischämie oder Gewebsnekrosen erniedrigt ist (12).

4.2.2. Endogene Erregerübertragung

Nach Definition gilt eine primär heilende Wunde ohne Drainage nach 24h als verschlossen und somit besteht keine Gefahr mehr einer exogenen Kontamination. Eine potentielle Eintrittspforte ist zum Beispiel bei liegender Drainage oder bei postoperativen Spülungen des Operationsgebiets gegeben. Bei den exogenen Infektionsquellen spielt die Körperflora des Personals die größte Rolle, nachrangig ist im Vergleich dazu die unbelebte Umgebung im Operationssaal. Als Erregerquelle kommt die unbelebte Umgebung nur in Frage, wenn Medizinprodukte nicht korrekt aufbereitet wurden oder nach korrekt durchgeführter Aufbereitung falsch gelagert wurden. Herrschen aseptische Bedingungen am OP-Tisch bzw. im Bereich des OP-Feldes und wird auf eine keimarme Umgebung im Operationssaal geachtet, spielt die Luft als potentielles Erregerreservoir nur eine sehr unbedeutende Rolle. Dies ändert sich allerdings bei Operationen mit Implantation von großen Fremdkörpern in Infekt anfälligem Gewebe wie zum Beispiel die Endoprothetik (12).

5. patienteneigene Risikofaktoren

Es gibt eine ganze Reihe von patienteneigenen Risikofaktoren, die allerdings nicht alle im Rahmen einer perioperativen Infektionsprophylaxe beeinflussbar sind (13). Einige dieser Faktoren werden mittels ASA-Score im Risiko-Index berücksichtigt (12).

5.1. Diabetes mellitus

Im Laufe der Zeit gibt es mehrere Studien, die den Zusammenhang zwischen Diabetes mellitus und das Auftreten einer postoperativen Wundinfektion untersucht haben. Die Ergebnisse dazu sind uneinheitlich, allerdings zeigte sich vor allem bei Insulin-abhängigem Diabetes mellitus und präoperativer Hyperglykämie (<200 mg/dl) eine Erhöhung der Infektionsrate (14). Auf Grund der Gefahr einer beeinträchtigten Abwehr sollte daher bei Diabetikern im Rahmen eines operativen Eingriffes eine genaue und angemessene Kontrolle und Einstellung des Glukosespiegels im Blut erfolgen (12).

5.2. Adipositas

Der BMI ist der am weitesten verbreitete Index um das Körpergewicht zu beurteilen, dabei wird allerdings nicht der Anteil der Muskel- bzw. Fettmasse miteinbezogen. Studien haben gezeigt, dass Patienten die an Fettleibigkeit leiden (gemessen am Körperfettanteil) ein bis zu 5-fach erhöhtes Risiko haben, eine postoperative Wundinfektion zu bekommen. Aus diesem Grund sollte bei adipösen Patienten vor einem elektiven Eingriff eine Gewichtsreduktion in Erwägung gezogen werden (15).

5.3. Mangelernährung

Nicht nur ein adipöser Ernährungszustand kann Auswirkungen auf die postoperativen Komplikationen haben, sondern auch ein verminderter Ernährungszustand im Sinne einer Mangelernährung. In diversen Studien hat sich

gezeigt, dass eine Mangelernährung, definiert als ein signifikanter Gewichtsverlust innerhalb von 6 Monaten präoperativ, ein unabhängiger Risikofaktor für eine postoperative Wundinfektion ist (14).

5.4. Rauchen

Im Laufe der Zeit wurden mehrere Untersuchungen durchgeführt, die den Einfluss von Rauchen auf die postoperative Wundinfektionsrate zeigen. Die Ergebnisse dazu sind unterschiedlich und bisher noch nicht eindeutig (12). Sicher ist allerdings, dass Raucher eine verzögerte Wundheilung haben und dies kann zu einer deutlich erhöhten Rate der Wundinfektionen führen (12). Eine Studie aus dem Jahre 2002 hat den Effekt einer präoperativen Raucherberatung und –Entwöhnung untersucht. Dabei hat sich gezeigt, dass eine Reduktion der Tabakkonsums 6-8 Wochen präoperativ bis zum 10. postoperativen Tag das Risiko einer postoperativen Wundinfektion signifikant erniedrigt (16).

5.5. Anämie

Ein weiterer Risikofaktor einer SSI ist die Blutarmut, welche postoperativ schnell zum Tod führen kann. Deshalb ist es wichtig, bereits präoperativ notwendige Blutprodukte zur Substitution bereitzustellen (14).

5.6. Immunsupression

Ein immunsupprimierter Patient, sei es durch eine Erkrankung (HIV, malignes Lymphom, chron. hämatopoetische Insuffizienz,…) oder durch immunsupprimierende Medikamente (Glukokortikoide, Nukleosidanaloga, TNF- oder CD52 Antikörper) hat mehrere Komponenten, die ein Risiko für eine postoperative Wundinfektion darstellen. Einerseits ist bewiesen, dass sie grundsätzlich ein erhöhtes Risiko einer SSI aufweisen. Andererseits unterscheidet sich das Erregerspektrum sehr deutlich von dem eines immunkompetenten Patienten. Um eine optimale Versorgung dieser Patientengruppe mittels Prophylaxe und eventuelle antimikrobielle Therapie sicherstellen zu können, empfiehlt sich ein gutes interdisziplinäres Patientenmanagement (12).

6. präoperative Maßnahmen

6.1. präoperativer stationärer Aufenthalt

Die präoperative Verweildauer sollte so kurz wie nötig und möglich sein, um das Risiko einer postoperativen Wundinfektion zu verringern. Vor Allem in der klinischen Abteilung für Unfallchirurgie kann es durch zu starke Schwellung des Operationsgebietes oder durch akute Änderungen im OP-Plan zu einem verzögerten Zeitpunkt der Operation kommen. Mit diesem verlängerten präoperativen stationären Aufenthalt ist ein erhöhtes Risiko einer SSI durch multifaktorielle Ursachen verbunden. Mögliche Faktoren, die die präoperative Verweildauer und somit das Infektionsrisiko beeinflussen können, sind zum Beispiel die Schwere der Erkrankung, Komorbiditäten, Stress oder eine Kolonisation durch resistente Erreger (12).

6.2. präoperative Sanierung

(Infektionen und Kolonisation des Patienten)

Die Quelle einer postoperativen Wundinfektion kann unter anderem eine Infektion an einer anderen Körperstelle sowie die Kolonisation des Patienten mit fakultativ pathogenen typischen Wundinfektionserregern wie zum Beispiel eine nasale Kolonisation mit S.aureus sein (12). Demnach sollten vor elektiven Eingriffen sämtliche Körperregionen möglichst Infekt frei sein und eventuelle Erregerkolonisationen sollten beseitigt werden (12).

6.2.1. Beispiel Staphylokokkus Aureus

Im Bereich der Unfallchirurgie/Orthopädie ist der Staphylokokkus aureus der häufigste Erreger einer postoperativen Wundinfektion und eine nasale Kolonisation mit S. Aureus ist der bedeutendste unabhängige Risikofaktor zur Entwicklung einer SSI. Auf Grund dieser Erkenntnis gab es zwei unterschiedliche Ansätze zur Infektionsprophylaxe. Einerseits

wurde empfohlen, S.aureus Träger vor elektiven Eingriffen zu dekolonisieren, andererseits wurde empfohlen, alle Patienten präoperativ ohne vorheriges Screening zu dekolonisieren.

Im Laufe der letzten Jahre haben Studien gezeigt, dass ein präoperatives Screening mit anschließender Dekolonisation von S.aureus positiven Patienten das Risiko einer SSI deutlich vermindern und damit verbunden die Kosten ebenfalls senken kann. Durch eine ungezielte Dekolonisation mittels eines spezifischen Antibiotikums (z.B. Mupirocin) setzt man den Patienten dem Risiko einer Resistenzentwicklung aus. Diese Gefahr wird allerdings manchmal mit Absicht bei Patienten mit einem kritischen Zustandsbild in Kauf genommen (4).

Bevor man wahllos ein Screening durchführt oder ein Antibiotikum appliziert, sollte jeder Arzt individuell entscheiden, was für den Patient und seinen Gesundheitszustand am besten ist (12).

6.3. präoperative Antibiotikaprophylaxe

Die perioperative Antibiotikagabe zur Vorbeugung von postoperativen Wundinfektionen ist ein sehr wichtiger Aspekt im Rahmen von chirurgischen Eingriffen. Obwohl die Prophylaxe mittels präoperativer Antibiotikagabe bereits etabliert und laut den S1 Leitlinien der AWMF anerkannt ist, bestehen weiterhin viele Unsicherheiten bezüglich der Anwendung. Jahrelang wurden die Antibiotika über einen zu langen Zeitraum, zum falschen Zeitpunkt, falsche Substanzen oder bei falscher Indikation eingesetzt. Das Robert-Koch Institut führte 2011 eine Punkt-Prävalenzstudie durch, welche gezeigt hat, dass hochgerechnet auf den Antibiotikaverbrauch in Deutschland rund 5 Tonnen Antibiotika für eine prolongierte Prophylaxe eingesetzt wurden. Gemessen am gesamten Antibiotikaverbrauch im stationären Setting in Deutschland entspricht dies etwa 13%, die im Sinne des Patienten und des Gesundheitswesen von heute auf morgen eingespart werden könnten (17).

6.3.1. aktuelle Empfehlung

Zusätzlich zu den aktuellen Empfehlungen des ECDC wurde noch ein 5 Punkte Plan vorgestellt, um die Antibiotikaprophylaxe zu verbessern und zu optimieren. Eine AB-Prophylaxe wird bei sauberen Eingriffen mit entsprechenden Risikofaktoren sowie bei sauber-kontaminierten und kontaminierten Eingriffen empfohlen. Welches Präparat eingesetzt wird, soll durch ein interdisziplinäres Team in Abhängigkeit der patienteneigenen Erreger- und Resistenzlage entschieden werden. Zusätzlich empfiehlt es sich krankenhausintern eine interdisziplinäre Gruppe festzulegen, die sich regelmäßig trifft, um da lokale hausinterne Vorgehen zu besprechen, zu re-evaluieren und gegebenenfalls zu adaptieren. Ein Verantwortlicher für die Gabe der Antibiotikaprophylaxe, idealerweise die Anästhesie, soll festgelegt werden, um eine zeitgerechte Anwendung zu gewährleisten. Die Studie des Robert-Koch-Institutes von 2011 zeigte, dass die Antibiotika-Prophylaxe als Single-Shot Dosis präoperativ verabreicht werden sollte. Aufgrund von der kurzen Halbwertszeit von 60min der meisten Präparate ist lediglich bei Eingriffen über 3 Stunden oder bei einem großen Blutverlust eine Wiederholung der Antibiotikagabe indiziert. Eine Prophylaxe, die länger als 24h verabreicht wird, ist definitionsgemäß eine Therapie und ist daher nicht indiziert beziehungsweise sollte nicht verabreicht werden. Eine prolongierte Prophylaxe zeigte in der Studie von 2011 des Robert-Koch-Institutes keinerlei Nutzen für den Patienten. Im Gegenteil sie führte zu einem deutlich gesteigerten Risiko für AB-induzierte Nebenwirkungen wie zum Beispiel Diarrhoe, und das Risiko für die Entstehung von Resistenzen vor allem im gramnegativen Bereich ist ebenfalls signifikant gestiegen.

Bereits in zahlreichen Studien wurde der optimale Zeitpunkt der Antibiotikaprophylaxe untersucht und man konnte feststellen, dass dieser 30-60 min vor Hautschnitt ist. Falls erst nach Hautschnitt bemerkt wurde, dass die Substanz nicht verabreicht wurde, ist es möglich, sie zu einem späteren Zeitpunkt zu verabreichen allerdings mit verringerter Wirksamkeit. Eine Gabe des Antibiotikums nach Hautnaht ist allerdings nicht mehr wirksam und sollte daher auch auf keinen Fall durchgeführt werden. Um Fehler wie diesen zu vermeiden, wurden standardisierte WHO-OP-Checklisten im Rahmen von Routine-OPs eingeführt. Im Rahmen des

Team-Time-Outs wird dabei unter anderem die Durchführung der AB-prophylaxe kontrolliert (17).

6.3.2. Rechtliche Grundlagen

Im Laufe der letzten Jahre erhält die Antibiotikaprophylaxe einen neuen Aspekt durch die Einführung des Infektionsschutzgesetztes zusammen mit dem Patientenrechtegesetz. In diesem ist definiert, dass ein Behandlungsfehler dann vorliegt, wenn sich ein normalerweise „voll beherrschbares“ Behandlungsrisiko realisiert. Nach dem Infektionsschutzgesetz §23 (3) trifft dies zu, wenn „die nach dem Stand der medizinischen Wissenschaft erforderlichen Maßnahmen getroffen wurden, um nosokomiale Infektionen zu verhüten“. Zusammengefasst heißt dies, dass eine unterlassene Antibiotikaprophylaxe im Rahmen eines operativen Eingriffes nach Definition des Infektionsschutzgesetz §23 (3) als ein Behandlungsfehler gewertet werden kann (17).

6.4. präoperative Haarentfernung

Die präoperative Haarentfernung ist keine zwingende Maßnahme vor einer Operation und daher muss der Chirurg präoperativ abhängig vom Patienten bzw. der Operation individuell entscheiden, ob diese durchgeführt werden soll oder nicht.

Einerseits bietet die präoperative Haarentfernung den Vorteil einer besseren Sicht im Bereich des Operationsgebietes und bei starkem Haarwuchs auch einen deutlich besseren Zugang. Andererseits kann eine Haarentfernung durch Rasierer zu kleinen Schnitten und Schürfwunden führen und diese kann in Folge eine Eintrittspforte für Bakterien darstellen und des Weiteren die Bakterienvermehrung in den Mikrowunden deutlich begünstigen (18).

Verschiedene Studien haben gezeigt, dass eine Rasur, welche länger als 24h vor der Operation durchgeführt wurde, das Infektionsrisiko signifikant erhöht. Als Alternative zum herkömmlichen Rasierer kann ein Haar-Clipper verwendet werden, wodurch die kleinen Mikro-Verletzungen der Haut vermieden werden

können und somit das Risiko einer postoperativen Wundinfektion signifikant erniedrigt werden kann (3).
Im Vergleich dazu hat die präoperative Haarentfernung mittels Enthaarungscreme das niedrigste Risiko einer SSI, allerdings besteht bei diesen Produkten die Gefahr einer Hautirritation und einer lokalen allergischen Reaktion (12).

Wenn eine präoperative Haarentfernung indiziert und vom Chirurgen gewünscht ist, wird nach aktuellen Wissenstand und Ergebnissen von diversen Studien seitens der CDC folgendes empfohlen:

- keine präoperative Haarentfernung wenn dies die Operation nicht beeinträchtigt
- wenn indiziert, sollten Haar-Clipper mit einem Einmalaufsteckkopf verwendet werden, um Mikroschürfwunden durch zum Beispiel einen Rasierer zu vermeiden
- auf keinen Fall einen Rasierer verwenden um Mikroverletzungen zu vermeiden
- Haarentfernung sollte innerhalb von 24h präoperativ erfolgen (13)

6.5. präoperative Körperreinigung

Eine präoperative Ganzkörperreinigung, die über die übliche Körperhygiene hinausgeht, wie zum Beispiel Duschen oder Waschen mit einem antiseptischen Mittel war bereits Gegenstand einiger Studien. Die Ergebnisse dazu waren bisher nicht einheitlich, sondern widersprüchlich (12). Die normale mikrobielle Flora der menschlichen Haut beinhaltet vorübergehende Mikroorganismen, die durch Berührung auf die Haut gekommen sind und die durch Waschen mit Seife sehr leicht wieder zu entfernen sind. Zum anderen gibt es auch ansässige, grundsätzlich nicht pathogene Mikroorganismen, die in den Hautanhangsgebilden leben wie zum Beispiel im Bereich der Haarfollikel. Diese können im Vergleich zu den vorübergehenden Keimen nicht abgewaschen werden, sie können nur durch Antiseptika reduziert werden (18).

Da die bisherigen Studien zu widersprüchlichen Ergebnissen geführt haben, wie die Pro-Studie von Hayek LJ, Emerson JM, Gardner AM 1987 und Contra-Studie von Garibaldi RA 1988, wird eine allgemeine präoperative antiseptische Ganzkörperreinigung im Moment nicht empfohlen. Makroskopische Verschmutzungen der intakten Haut im Bereich des Operationsgebietes sollen allerdings bereits vor der Antiseptik entfernt werden (12).

6.6. präoperative Darmentleerung

Aus operationstechnischen Gründen kann in manchen chirurgischen Abteilungen wie zum Beispiel der Abdominal Chirurgie eine präoperative Darmentleerung erforderlich sein, dies trifft allerdings auf die Traumatologie und orthopädische Chirurgie nicht zu. Es wurden bereits Studien durchgeführt, die den Einfluss der präoperativen Darmentleerung auf die postoperative Wundinfektionsrate untersucht haben. Studien wie zum Beispiel jene von Wille-Jorgensen P, Guenaga KF, Matos D, Castro AA aus dem Jahre 2005 haben bisher keine Hinweise für eine mögliche Senkung der SSI-Rate durch präoperative Darmentleerung ergeben (12).

7. intraoperative Maßnahmen

Um das Risiko einer SS zu vermeiden, gibt es zahlreiche systemische und praktikable Maßnahmen, welche im Rahmen des gesamten Aufenthaltes im Krankenhaus durchgeführt werden können und sollen. Neben den prä- und postoperativen Präventionsmaßnahmen sind vor allem die Geschehnisse im Operationssaal von großer Bedeutung. Dabei haben insbesondere der Chirurg und seine Assistenzen eine wichtige Funktion wie zum Beispiel durch vorbildhaftes Verhalten, weichteilschonende Operationstechnik oder OP-Zeit (3). Aber auch das restliche OP-Team wie zum Beispiel die Anästhesie, das

Pflegepersonal und das Reinigungspersonal haben einen Einfluss auf das Infektionsrisiko, zum Beispiel erzeugte Luftturbulenzen, durch Hinein- und Hinausgehen in den OP-Saal, Sicherheitsabstand zum sterilen Bereich, Anreichen von sterilen Instrumenten und Material oder durch hygienische Händedesinfektion und durch das richtige Tragen bzw. Umgang mit Bereichskleidung (3, 19). Neben diesen Personen, die direkt im OP-Saal arbeiten, hat aber auch die Abteilung für die Aufbereitung der sterilen Instrumente und die Technik im Operationssaal eine wesentliche Bedeutung für die Prophylaxe einer postoperativen Wundinfektion (18).

Die Erfahrung der letzten Jahre hat gezeigt, dass unerfahrene OP-Teams möglichst zu vermeiden sind. Des Weiteren konnte beobachtet werden, dass das Hygieneverhalten der Chef- und Oberärzte sowie des leitenden Personals seitens der Pflege eine wichtige Rolle spielt. Eine gute Disziplin bezüglich der Hygiene in allen operativen Einheiten kann nur erzielt werden, wenn die leitenden Personen dies im Sinne eines guten Vorbildes vormachen (3).

7.1. Antiseptik des Operationsfeldes

Die Anzahl der anaeroben und aeroben Mikroorganismen unterliegt je nach Haut- oder Schleimhautareal starken Schwankungen (zwischen 10^2 und 10^8 Mikroorganismen pro cm^2 Areal) (12). Eine hohe Dichte der Keimbesiedelung findet man auf talgdrüsenreichen, feuchten Hautarealen wie zum Beispiel Rücken, Stirn, Kopfhaut, Axilla und Sternum. Im Gegensatz dazu sind auf den Händen/Füßen, Armen/Beine und Handflächen/Fußsohlen zum Beispiel die Besiedelungsdichten viel niedriger. Die residente Hautflora findet man vor allem im Stratum corneum und in den distalen Abschnitten der Haarfollikeln und Talgdrüsenausführungsgängen. Nur zirka ein Fünftel der residenten Flora ist in einer Tiefe von über 0,3mm angesiedelt (20).

Eine antiseptische Behandlung vor dem Abdecken des Operationsfeldes hat das Ziel, die potentielle Erregern von der Haut so weit wie möglich zu eliminieren und somit nach Hautschnitt eine Verschleppung der residenten Hautflora in die Tiefe der Wunde möglichst gering zu halten bzw. zu vermeiden (12).

7.1.1. Geschichte der Antiseptik

Ignaz Philipp Semmelweiss (1818-1865)

Als Pionier der Antiseptik gilt der ungarische Arzt Ignaz Philipp Semmelweiss. Er bemerkte die hohe Sterblichkeitsrate der Frauen in den Krankenhäusern von Wien aufgrund des Kindbettfiebers. Im Jahre 1844 war das Sterberisiko im Rahmen einer Geburt nur minimal niedriger als im Rahmen der schlimmsten Lungenentzündung. Semmelweiss bemerkte als Erster einen Zusammenhang zwischen den Wegen der Ärzte von Sektionsraum zum Gebärraum und der Verschleppung der Krankheit. Nach einer Anweisung von Semmelweiss an seine Kollegen sich die Hände vor jeder Geburt gründlich mittels Chlorlösung zu waschen, gelang es die Sterblichkeitsrate plötzlich zu senken. Da er seine Grundlagen für diese Anweisungen nie veröffentlicht hatte, konnten viele seiner Kollegen die Ansichten und den „Handwaschfanatismus“ nicht nachvollziehen. In Folge vertrieben die Ärzte Ignaz Semmelweiss aus dem Krankenhaus und zeitgleich stieg die Rate der Sterblichkeit erneut wieder an (21).

Joseph Lister (1827-1912)

Neben Semmelweiss gilt der englische Chirurg Joseph Lister als weiterer Pionier im Bereich der Antiseptik und der Hautdesinfektion. Lister bereitete die stets wachsende Sterblichkeitsrate in der chirurgischen Abteilung seines Krankenhauses sehr große Sorgen, obwohl er sich immer trotz starkem Widerstand aufgrund der zwangläufig höheren Kosten um Sauberkeit bemühte. Trotz der Mühen war die Sepsis ein sehr großes Risiko der damaligen Chirurgie. Der allgemeine Glaube, dass man sich durch eine Operation einer größeren Gefahr aussetze als auf dem Schlachtfeld, war damals sehr weit verbreitet. Listers Arbeiten waren geprägt von den Erkenntnissen des deutschen Physiologen Theodor Schwann und der Keim-Theorien des französischen Biochemikers Louis Pasteur. Somit gelang es Lister 1867 als Pionier in diesem Gebiet einen Artikel über die Anwendung von Antiseptika zur Versorgung und Behandlung von Wunden in der Zeitschrift Lancet zu veröffentlichen. Durch die Desinfektion von chirurgischen Instrumenten und Wunden mit einer wässrigen Lösung von

Phenol gelang es Lister, die Sterblichkeit nach größeren Amputationen von 45 auf 12% innerhalb von 5 Jahren zu senken.
Die heutige präoperative Hautdesinfektion ist auf Grundlage der damaligen Erkenntnisse zur Routine geworden, obwohl es kleinere Rückschläge zur Zeit des ersten Weltkrieges (1914-1918) gab.
Damals bemerkte Alexander Fleming (1881-1955), dass es durch die falsche Anwendung von Antiseptika zu vielen unnötigen Erkrankungen durch anaerobe Bakterien bei verwundeten Soldaten gekommen war. Heutzutage gibt es genaue Richtlinien und viele Studien bezüglich der richtigen Anwendung von Hautantiseptika, wodurch dieses Problem weitgehend behoben werden konnte. Lediglich in Spitälern mit einer ungenügenden Desinfektion chirurgischer Instrumente, der Wäsche, des Mobiliars, der Zimmer sowie ein ungenügendes Hygieneverhalten des Personals ist dieses Problem noch vorhanden (21).

7.1.2. Präoperative Hautantiseptik

Unmittelbar präoperativ erfolgt im Operationssaal die Antiseptik der Haut im Operationsgebiet. Während der Präparat-spezifischen Einwirkzeit, welche vom Hersteller getestet und deklariert ist, muss die Haut stets feucht gehalten werden. Um Hautschädigungen oder Komplikationen im Rahmen des Kauterisieren zu vermeiden, muss beachtet werden, dass es um den Patienten zu keiner Flüssigkeitsansammlung des Antiseptikums kommt (12).
Im Laufe der Zeit wurden zahlreiche Studien mit verschiedenen Zusammensetzungen der Hautantiseptika und ihrer Wirksamkeit durchgeführt. Aufgrund der raschen Wirkung und hohen Wirksamkeit sind nach aktuellem Wissensstand Formulierungen, die auf Alkohol basieren, für die Hautantiseptik die erste Wahl (20). Im Vergleich dazu ist bei wässrigen PVD-Iod-Lösungen eine längere Einwirkzeit für eine gute Wirksamkeit notwendig. Für die Praxis kann man sagen, dass eine ausreichende Wirkung bei alkohol-basierenden Präparaten in der Regel nach 15 Sekunden gegeben ist. Dagegen ist diese bei Präparaten, die auf Iod basieren, erst nach einer Minute gegeben. Generell sollte aber je nach

Präparat die definierte, produktspezifisch geprüfte und arzneilich zugelassene Mindesteinwirkzeit genau eingehalten werden (12).
Neben der Einwirkzeit spielt aber auch die remanente Wirksamkeit der Hautantiseptika eine wichtige Rolle bei der Auswahl des Präparates. Bei Injektionen und Punktionen ist diese nicht erforderlich, da die antiseptische Wirkung nur von der Zeit der Hautdurchtrennung bis zu Punktion bzw. Injektion an sich benötigt wird. Im Gegensatz dazu ist bei einer präoperativen Hautantiseptik eine remanente Wirkung während der gesamten Dauer der Operation (von der Abdeckung des Operationsgebietes bis zur Hautnaht) notwendig. Um dies zu erreichen kann zu einer alkohol-basierten Formulierung ein remanent wirkendes Antiseptikum wie zum Beispiel PVP-Iod oder Octenidindihydrochlorid (Oct) hinzugefügt werden (20).
Neben Studien bezüglich der Wahl des optimalen Präparates gibt es auch Untersuchungen bezüglich der Art der Auftragung. Bisher liegen allerdings keinerlei Hinweise der Bedeutung dessen vor, wie zum Beispiel von der Mitte zum Rand oder umgekehrt oder Wischen im Vergleich zu Sprühen. Allerdings gibt es bereits Argumente und Richtlinien aus dem Bereich des Arbeitsschutzgesetzes (12).

7.1.3. Abdeckung des OP-Feldes

Nach erfolgter Hautantiseptik kann die Umgebung des Operationsfeldes steril abgedeckt werden um eine Kontamination durch Erreger aus der OP-Feldumgebung zu vermeiden. Es gibt nur wenige Studien bezüglich der Infekt-prophylaktischen Wirkung von OP-Abdeckmaterialien. Es konnte aber nachgewiesen werden, dass Abdeckmaterial mit Baumwollpartikeln einen infektionsbegünstigenden Einfluss haben. Im Gegensatz dazu konnte bei einer erregerdichten impermeablen Abdeckung eine herabgesetzte Bakterienzahl in der Wunde direkt und im umgebenden Operationsfeld festgestellt werden.
Gemäß den europäischen Richtlinien für Medizinprodukte gelten OP-Abdeckmaterialien als Medizinprodukt der Klasse IIa. Aus der

infektionsprophylaktischen Sicht spielt es keine Rolle ob Einweg- der Mehrwegmaterialien verwendet werden, solange die Forderungen des entsprechenden Normentwurfes eingehalten werden (12).

7.1.4. Patientenkleidung

Es ist nicht immer erforderlich den Patienten zur Gänze zu entkleiden, dies kann individuell in Abhängigkeit vom Umfang des Eingriffes entschieden und durchgeführt werden. Zu bedenken ist dabei, dass nicht vollständig entkleidete Patienten eventuell keimarm aber nicht steril abgedeckt werden sollten, zum Beispiel durch einen Schutzkittel oder durch ein grünes Tuch. Somit kann der Erregereintrag in den Operationsbereich eingeschränkt werden und standardisierte OP-Bedingungen können eingehalten werden (12).

7.2. Bereichs- und Schutzkleidung

Der OP-Trakt eines Krankenhauses ist baulich von den restlichen Abteilungen eines Hauses getrennt und darf nur über sogenannte Schleusen betreten werden. Diese bauliche Trennung dient als Erregerbarriere und hat das Ziel, eine Verschleppung von potentiellen Infektionserregern von einem Bereich in den anderen zu vermeiden (22).

Die Schutzkleidung im OP-Trakt dient dazu, sowohl das Personal als auch den Patienten vor einer Gefährdung der Sicherheit aber auch der Gesundheit zu schützen. Einerseits wird durch die spezielle Schutzkleidung die Erregerfreisetzung durch das OP-Team vermindert, andererseits dient diese auch als Personalschutz (12).

7.2.1. Ein- und Ausschleusen

Die Personalschleuse im OP-Trakt funktioniert nach dem Einbahn-Prinzip. Die Schleuse wird über eine unreine äußere Zone betreten, dabei muss jeder Mitarbeiter seine gesamte Oberbekleidung inklusive Schuhe auf der unreinen Seite ablegen. Nach Durchführung einer hygienischen

Händedesinfektion kann auf der reinen Seite die Bereichskleidung angezogen werden (12). Die Bereichskleidung ist eine keimarme, farblich als solche erkennbare Kochwäsche und wird nach sichtbarer Kontamination, Transpiration sowie nach jedem Toilettengang vollständig gewechselt (22). In den OP-Bereich dürfen keinerlei persönliche Gegenstände wie zum Beispiel Schmuck oder Handys mitgenommen werden. Der OP Bereich darf nur mit sauberen, kurzen Nägel betreten werden, Nagellack sowie künstliche Nägel sind ebenfalls verboten. Die Bereichskleidung darf ausschließlich innerhalb der OP-Abteilung getragen werden, die einzige Ausnahme sind Notfälle. Bei neuerlichem Betreten des OP-Traktes ist eine Neueinschleusung erforderlich (19). Bisher wird die Reihenfolge der Ankleidung von verschiedenen Autoren unterschiedlich beschrieben, diese wird aber nicht weiter begründet (23).

Einige Personalschleusen sind mit eigenen Duschen ausgestattet. Nach dem Duschen ist die Haut deutlich entfettet und gibt somit signifikant mehr Hautschuppen und somit auch mehr Keime ab. Daher sollten die Duschen erst nach Dienstende genutzt werden und niemals bei Dienstbeginn oder währenddessen (23).

7.2.2. Material

Je nach Anwendungsbereich muss die Bakteriendichtigkeit vor allem von steriler Schutzkleidung sowohl im trockenen als auch im feuchten Zustand vollständig gesichert sein (12). Die Bereichskleidung sowie auch der Operationskittel sind meist aus Baumwolle, dabei ist durch die Porengröße von Zirka 8µm kein vollständiger Schutz vor einer Abgabe von Hautschuppen in die Raumluft gegeben (23). Eine Studie von 1997 hat die Bakteriendichtigkeit von imprägnierter und nicht imprägnierter Baumwolle im trockenen und feuchten Zustand untersucht. Die Ergebnisse haben gezeigt, dass in 90% der Fälle bei OP-Mänteln aus nicht imprägnierter Baumwolle im Rahmen von orthopädischen Operationen ein kompletter Durchtritt von Blut festgestellt werden konnte. Mehrere Studien wie zum

Beispiel jene von Rutala und Weber aus dem Jahre 2001 haben den Zusammenhang zwischen der postoperativen Wundinfektion und dem Verwenden von Einweg- bzw. Mehrweg-OP-Mänteln aus Baumwolle untersucht. Die Ergebnisse waren einheitlich und zeigten, dass bei aseptischen aber auch bei bedingt aseptischen Bedingungen die Verwendung von traditionellem Baumwollmaterial mit einer signifikant höheren Rate der postoperativen Wundinfektionen verbunden war. Dabei konnte kein Unterschied zwischen Einweg und Mehrweg festgestellt werden (12).

Mit Bereichskleidung aus Kunstfaser oder Mischgewebe, welche an Hals, Ärmel und Bein fest anliegt, kann die Abgabe von Hautschuppen stark reduziert werden. Durch die unregelmäßig verlaufende Struktur der Fasen in diesen Kunstfaserstoffen ist ein Luftaustausch möglich, aber der Durchtritt von Hautschuppen ist deutlich erschwert bzw. nicht möglich (23).

7.3. spezielle Bereichs- und Schutzkleidung

Für jeden der Hauptkomponenten der Bereichs- bzw. Schutzkleidung (Kasack, Hose, OP-Mantel, Nasen-Mund-Schutz, Haube und Handschuhe) kann man in diversen Niederschriften einen oder sogar mehrere sehr frühe Aufklärer und Befürworter finden. Trotz der vielen historischen schriftlichen Berichte ist es dennoch sehr schwierig herauszufinden, wann es genau zu einer generellen Akzeptanz und konsequenten Verwendung der heute routinemäßig getragenen Bereichs- und Schutzkleidung gekommen ist (24).

7.3.1. Geschichte der Bekleidung der Chirurgen

Lord Moynihan, ein englischer Chirurg (1865-1936), beschrieb im Buch „The greatest benefit to mankind“ von Porter Roy wie in seiner Studienzeit eine Operation durchgeführt wurde:

Der Chirurg kam in den Operationsaal und warf seine Jacke ab, damit diese nicht mit Blut oder Eiter bespritzt und verschmutzt wurde. Er strickte sich

die Ärmel über den Ellbogen und holte sich einen alten Kittel. Diese befanden sich im Gang vor dem OP-Saal und waren übersäht mit Blut als Zeichen der zahlreichen vorangegangenen Operationen. Die Chirurgen trugen diese Kittel mit großem Stolz und sogar mit Freude, da diese Mäntel bereits von Ärzten, die bereits in den Ruhestand getreten waren, getragen wurden.
Unmittelbar vor Beginn der Operation hat der Chirurg das Armbündchen gerade über das Handgelenk geschoben. Anschließend wurden die Hände in einer Spüle gewaschen und mit einer Karbolsäurelösung (=Phenol) abgespült (25).

Unser heutiges Wissen über die historische Kleidung der Chirurgen stammt hauptsächlich von Zeichnungen und Malereien der damaligen Zeit.
Der Standard der Mitte des 19. Jahrhunderts war, dass die Chirurgen in altertümlichen Kitteln operierten. Aufgrund der immens hohen Infektionsraten der damaligen Zeit war die Chirurgie der letzte Ausweg und galt nicht als die Behandlung der ersten Wahl.
Ein Bild von Henri Gervex (1887) zeigt den berühmten französischen Chirurgen Jules Péan (1830-1896) als er in einem formellen Abendkleid eine Operation durchgeführte. Dies wiederspiegelt exakt den Zustand des Operationssaales Ende des 19. Jahrhunderts: ein Auditorium mit erhobener Plattform, auf welcher der Chirurg die Operation vor einem ausgewähltem Publikum durchführt.
Ein anderes sehr bekanntes Gemälde von Ernest Board zeigt den britischen Chirurgen Robert Liston als er die erste Amputation unter Äthernarkose durchgeführt hatte. Dabei trug er ein Oberteil mit hochgeschobenen Ärmeln, einen einwandfreien und sauberen Kragen mit einer Krawatte und einer Seiden-Brokat-Weste. Seine Assistenten trugen altertümliche Kittel (26).
Voraussetzung für die ersten Veränderungen waren die neu gewonnenen Erkenntnisse des Zusammenhanges zwischen Infektionsrisiko und Sauberkeit an geburtshilflichen Abteilungen und das Wissen über das Kindbettfieber, welche unter anderem auf die Erkenntnisse von Ignaz Semmelweiß 1847 in Wien zurückzuführen sind. Neben diesem konnte

auch Oliver Wendell Holmes (1809-1894) das Ansteckungsrisiko des Kindbettfiebers beweisen und hielt bereits 1843 in Boston den ersten Vortrag über die Ansteckgefahr des Kindbettfiebers (26, 27). Wie auch Semmelweiß forderte er, dass sich das gesamte Team waschen sollte. Zusätzlich hat Holmes empfohlen, saubere Kleidung anzuziehen und hat geraten, dass man 48h nach Kontakt mit Kindbettfieber keine Entbindung durchführen sollte. Ein weiterer Pionier des 19. Jahrhunderts war Joseph Lister (1827-1912), der durch seine Erkenntnis der Erreger für Wundinfektionen und seine neu entwickelten Wundverbände bekannt wurde. Trotz seiner gewaltigen Errungenschaft operierte er dennoch weiterhin in Straßenkleidung.

Erst gegen Ende des 19. Jahrhunderts wurde die Kleidung der Chirurgen revolutioniert, da bemerkt wurde, dass durch übertragene Keime Infektionen verursacht werden können. Der polnische Chirurg Johannes Von Mikulicz-Radecki (1850-1905) war vermutlich der erste Chirurg der gesamten Medizingeschichte der 1896 einen Mundschutz trug (26).

Einige wenige Jahre zuvor verwendete William Halsted (1852-1922) als Erster Gummihandschuhe bei einem chirurgischen Eingriff. Diese wurden allerding damals noch nicht zum Zweck der Antiseptik eingesetzt sondern zum Hautschutz des Personals. Im Winter 1889/1890 klagte seine Operationsschwester Caroline Hampton Halsted, welche später seine Frau wurde, über eine sehr starke Hautirritation an beiden Armen und Händen. Da diese Dermatitis durch den häufigen und direkten Kontakt zu antiseptischen Lösungen, die damals zum Teil noch sehr aggressiv waren, entstanden war, machte sich William Halsted einige Gedanken, um seine Operationsschwester vor diesen Nebenwirkungen zu schützen. Kurze Zeit später nahm er in New York Kontakt zur Goodyear Rubber Company auf und bat das Unternehmen als Experiment zwei Paar dünne Handschuhe aus Gummi mit Stulpen herzustellen. Diese ersten beiden Paar waren so zufriedenstellend, dass sofort weitere Handschuhe bestellt wurden. Zu Beginn wurden die Handschuhe meist nur von Krankenschwestern oder Assistenten getragen, auch William Halsted selbst hatte diese am Anfang nicht getragen. Die Chirurgen verwendeten diese nur bei offenen

Knochenfrakturen oder exploratorischen Inzisionen in ein Gelenk. Zur gleichen Zeit gelten der deutsche Gustav Neuber und der polnische Johann von Mikulicz ebenfalls als Pioniere im Bereich der Kleidung der Chirurgen. Der deutsche Chirurg verlangte als einer der ersten für seine Operationen einen sterilen Mantel sowie eine Kopfbedeckung. Der polnische Arzt war der Erste, der einen Mundschutz anlegte, zusätzlich verwendete er konsequent Handschuhe während er operierte. Ebenfalls Ende des 19. Jahrhunderts wurde William MacEwen (1848-1924), Schüler von Joseph Lister, in Glasgow für die Einführung des sterilisierbaren chirurgischen Mantels berühmt. 1899 wurde bereits die erste Studie veröffentlicht, welche die Infektionsraten in Anhängigkeit der Verwendung von Gummihandschuhen untersucht hatte. Veröffentlich wurde diese von Dr. Joseph Bloodgood, der einer der Schützlinge von Halsted war. Diese Untersuchung hat gezeigt, dass bei über 450 Hernien-Operationen das Infektionsrisiko beinahe um 100% gesunken werden konnte (27). Somit waren die Grundsteine der heutigen, routinemäßig verwendeten Bereichs- und Schutzkleidung im OP-Trakt festgelegt und wurden bisher nicht wesentlich verändert.

7.3.2. Bekleidung der Chirurgen im 21. Jahrhundert

Die heutige Kleidung im OP-Trakt gibt es in vielen verschiedenen Varianten, Farben und Styles, allerdings ist der grundsätzliche Gedanke nach wie vor der gleiche seit damals Ende des 19. Jahrhunderts. Die Bereichs- und Schutzkleidung dient dazu, ein professionelles und hygienisches Auftreten gegenüber dem Patienten zu gewährleisten (28).

Heute gibt es drei verschiedenen Arten von Kleidung für Chirurgen und ihre Reinigung:

- Die Kleidung wird vom Krankenhaus bzw. der Gesundheitseinrichtung zu Verfügung gestellt. Die Kleidung wird dann auch in der Einrichtung ordnungsgemäß gereinigt. Es besteht aber auch die Möglichkeit des Outsourcings und somit wird die Reinigung der Kleidung durch einen vom Haus ausgewählten Anbieter durchgeführt.

- Die Kleidung muss der Chirurg selbst besorgen und diese auch selbst reinigen oder durch einen Anbieter reinigen lassen.
- Die dritte Möglichkeit ist das Verwenden von Einweg-Kleidung, welche durch die verbesserten Faserstoffe immer mehr Beliebtheit und Akzeptanz finden (28).

Welche der drei Möglichkeiten zur Anwendung kommt, wird von jedem Krankenhaus bzw. jeder Gesundheitseinrichtung individuell und selbst entschieden. Die verschiedenen Gesundheitsorganisationen haben unterschiedliche Empfehlungen veröffentlicht und haben damit für Verwirrung und Unordnung unter den Mitarbeitern und Führungspositionen in den Gesundheitseinrichtungen gesorgt. Grund dafür ist der Mangel an gut strukturierten Studien, die zeigen, dass das Waschen der getragenen OP-Kleidung zuhause eine gute, effiziente und sichere Methode ist. Das Gegenteil ist der Fall. Es werden immer mehr Studien veröffentlicht, die zeigen, dass eine zuhause gewaschene OP Kleidung bei weitem nicht gleich sauber wird wie bei einem Dritt-Anbieter (28).

7.3.3. Kopfbedeckung

Erstmals wurde eine Kopfbedeckung während einer Operation im Jahre 1883 von dem deutschen Chirurgen Gustav Neuber in Kiel getragen. Durch die Verwendung einer Kopfbedeckung und eines sterilen Mantels konnte er als Erster eine Senkung der Rate der postoperativen Wundinfektion feststellen (24).

Das menschliche Haar, dazu zählen sowohl Kopfhaare aber auch Barthaare, ist ein potentieller Träger von Erregern. Daher müssen diese bei Eintritt in den OP Bereich vollständig bedeckt sein und dürfen sich im Laufe der Operation oder anderer Tätigkeiten auch nicht lösen oder aus der Haube hervorstehen. Aus diesem Grund empfiehlt es sich, auf der reinen Seite der Personalschleuse als erstes eine passende Haarabdeckung auszuwählen und diese angemessen anzulegen. Danach sollte eine hygienische Händedesinfektion erfolgen, bevor Kasack, Hose und Schuhe angezogen werden (22). Bei starker Schweißneigung kann zusätzlich ein

Stirnband verwendet werden oder wenn möglich eine Haube mit einem integrierten Schweißband (19).

In diversen Studien konnte das Auftreten einer SSI auf Erreger im Haar bzw. der Kopfhaut des OP-Personals zurückgeführt werden (28).

7.3.4. Mund-Nasen-Schutz

Erstmals von dem polnischen Chirurgen Johann von Mikulicz verwendet, ist der Mund-Nasen-Schutz heutzutage im OP-Trakt unverzichtbar (27). Er muss vor dem Betreten des Traktes, jedoch spätestens bei Eintritt in den OP-Saal von jedem verpflichtend getragen werden (19). Der MNS dient primär dazu, eine Verbreitung von Tröpfchen aus dem Nasen-Rachen-Raum des Personals zu verhindern und soll daher im OP Bereich permanent getragen werden. Der MNS muss ausreichend groß sein, den gesamten Mund- und Nasebereich (eventuell vorhandenen Barthaare ebenfalls) bedecken und eng anliegen. Die Funktion eines ausreichenden Schutzes kann lediglich durch einen mehrlagigen Mund-Nasen-Schutz gewährleistet werden (12). Der MNS muss vor jeder Operation neu angelegt werden, bei sichtbarer Kontamination und/oder Durchfeuchtung sollte er ebenfalls gewechselt werden (19).

Das Tragen der Maske im Rahmen von chirurgischen Eingriffen hat bereits eine lange Tradition in der Medizin, obwohl im Laufe der Zeit immer wieder Studien durchgeführt wurden, welche die Bedeutung des MNS in Frage gestellt haben. Alternativ wurde ein Schutz vor Tröpfen Freisetzung durch zum Beispiel eine Beschränkung des Sprechens untersucht (12).

7.3.5. Handschuhe

Obwohl der ursprüngliche Gedanke von Halsted für die Erfindung der Gummihandschuhe ein ganz anderer war, sind sie heute eine wichtige Maßnahme zur Prophylaxe sowohl des Personals als auch des Patienten (12, 27). Im Laufe der Zeit wurden verschiedene Versionen der ursprünglich hergestellten Gummihandschuhe verwendet, wie zum Beispiel nicht

gepuderte und gepuderte. Neben der Barrierefunktion müssen die im OP verwendeten Handschuhe aber auch die vorgegebenen Anforderungen an Sterilität, Reißfestigkeit und Unterschreitung eines bestimmten Endotoxinwertes erfüllen (12).

Unsere modernen Handschuhe sind aus Latex hergestellt und ein Einmalprodukt, bei einer Latexallergie stehen Latex-freie Handschuhe ebenfalls zu Verfügung (18). Durch die Vorgaben des Arbeitsschutzgesetztes müssen die Handschuhe hautverträglich, ungepudert und möglichst allergenarm sein (12).

Studien, die Vor- und Nachteile von gepuderten und ungepuderten Handschuhen untersucht haben, zeigten, dass es einen Zusammenhang zwischen Puder und der Entstehung einer postoperativen Wundinfektion gibt. Die Feststellung, dass Puder in Handschuhen eine Wunde kontaminieren können, ist sowohl für den intraoperativen Gebrauch wichtig aber auch für die postoperative Versorgung der Wunde. Dabei wurde kein Unterschied zwischen Latex- oder synthetischen Handschuhen festgestellt (28).
Um die Perforationsraten zu untersuchen, wurden bereits diverse Studien durchgeführt. Es wurde dabei einheitlich festgestellt, dass das Tragen von zwei Paaren steriler Handschuhe im Vergleich zu nur einem Paar das Risiko einer Perforation signifikant senken kann (12).

7.3.6. Mantel

Der Gedanke bei Einführung des sterilen OP-Mantels von MacEwen in Glasgow und Gustav Neuber in Deutschland Ende des 19. Jahrhunderts war primär der Schutz des Patienten vor eingeschleppten Keimen in den OP-Bereich durch das Personal (27, 28). Im Laufe der Jahre hat sich dieser Gedanke mehr in Richtung Schutz des Personals entwickelt. Heute soll der Mantel vor allem getragen werden um sich vor einer Kontamination mit Blut oder anderen Körperflüssigkeiten und somit potentiell infektiösem Material zu schützen (28).

7.3.7. Augenschutz

Zum Schutz der Augen gibt es einige verschiedene Möglichkeiten, die je nach Eingriff oder bei bestehender Gefahr der Kontamination verwendet werden sollten. Zum Beispiel ein Mund-Nasen-Schutz mit Augenschutzschild oder eine Schutzbrille. Indiziert sind diese zusätzlichen Maßnahmen wenn während der Operation vermehrt Blut oder andere Körperflüssigkeiten verspritzt werden oder die Gefahr einer Aerosolbildung besteht. Nach der OP müssen die Schutzbrillen desinfizierend gereinigt werden, auch der Mund-Nasen-Schutz mit eingebautem Augenschutzschild muss nach jeder Operation gewechselt werden (19).

7.4. Chirurgische Händedesinfektion

Als Begründer der chirurgischen Händedesinfektion gilt allen voran Ignaz Semmelweiss, der in einem Wiener Krankenhaus an der Abteilung für Frauenheilkunde und Geburtshilfe gearbeitet hat (21).

Die chirurgischen Händedesinfektion hat das Ziel, die Keime auf der Haut zu eliminieren bzw. soweit wie möglich zu vermindern. Eine chirurgische Händedesinfektion muss immer vor einem chirurgischen Eingriff im OP/Eingriffsraum oder vor einer anderen Intervention, die Sterilität voraussetzt, durchgeführt werden. Um die Hände effektiv desinfizieren zu können, müssen bestimmte Voraussetzungen erfüllt sein:

- Die Hände sollen bei Betreten der OP Abteilung sauber sein.
- Die Fingernägel sind kurz und rund geschnitten und bei Eintritt ebenfalls sauber. Lackierte oder künstliche Fingernägel sind verboten.
- Es dürfen sowohl an den Händen als auch an den Unterarmen keine Uhren oder andere Schmuckstücke getragen werden (29).

7.4.1. Waschphase

Die Hände sind bei Dienstbeginn häufig mit Bakteriensporen kontaminiert. Da die alkoholischen Desinfektionsmittel keine sporozide Wirkung haben, sollten beim Einschleusen in den OP Trakt einmal die Hände gewaschen werden, danach nur bei sichtbarer oder potentieller Verschmutzung (12). Der Grund dafür ist, dass regelmäßiges Waschen mittels Wasser und Seife vor der Desinfektion mit einem Desinfektionsmittel keinen Einfluss auf die Keimzahlreduktion hat. Ein erneutes Waschen zwischen zwei Eingriffen ist nur notwendig bei sichtbarer Verschmutzung oder bei Resten von Hautpflegemitteln.

Handbürsten sollten nur bei bestehender Indikation verwendet werden, und dann auch nur für Fingernägel und den Nagelfalz. Die Bürsten führen auf der Haut zu einer starken mechanischen Beanspruchung. In Folge kann dies zu einer Erhöhung der Hautkeimzahl führen, da Keime aus der Flora von tieferen Hautschichten mobilisiert werden können.

Durchgeführt wird die Waschphase an Händen und Unterarmen mit zirka 5ml Flüssigseife für mindestens 30 Sekunden bis maximal eine Minute. Danach wird gründlich von den Fingerspitzen zum Ellbogen abgespült und mit Einmalhandtüchern abgetrocknet (29).

7.4.2. Desinfektionsphase

Die Haut muss vor der Desinfektion vollständig trocken sein damit das Desinfektionsmittel in voller Konzentration und nicht verdünnt wirken kann. Die vom Hersteller vorgegebene Einwirkzeit (mindestens 1,5-3 Minuten) muss eingehalten werden und es soll nach der sogenannten 3er Regel vorgegangen werden.

- Zuerst die Hände und Unterarme bis zum Ellbogen mit einem alkoholischem Produkt desinfizieren
- Anschließende Desinfektion der Hände nur bis über das Handgelenk

- Zuletzt nur den Bereich der Hände desinfizieren mit Hauptaugenmerk auf die Fingerkuppen, Nagelfalz und Fingerzwischenräume

Falls während oder nach der chirurgischen Händedesinfektion etwas berührt wird, muss der gesamte Ablauf noch einmal von Beginn an durchgeführt werden (29).
Bevor die Handschuhe angezogen werden können, müssen die Hände vollständig trocken sein. Dies verringert einerseits die Perforationsgefahr, andererseits können mögliche Hautirritationen bzw. Hautschäden weitgehend vermieden werden. Zusätzlich haben Studien gezeigt, dass die Wirkung einer Händedesinfektion mit einem alkoholischen Präparat bei einer Lufttrocknung von 1 Minute signifikant erhöht werden konnte (12).

Des Weiteren sollte regelmäßig eine adäquate Hautpflege erfolgen, um die starke Beanspruchung der Haut durch die alkoholischen Desinfektionsmittel auszugleichen (29).

7.5. Asepsis abhängig von Art und Technik der OP

Im Laufe der Zeit haben sich zahlreiche Faktoren herauskristallisiert, bei denen ein Zusammenhang mit der Entstehung einer SSI vermutet wird. Einige Beispiele dafür sind die Wundklassifikation, Antibiotika Prophylaxe, Dauer des präoperativen Aufenthaltes und die Vorbereitungen des Personals und des Patienten. Neben diesen gibt es aber auch einige Faktoren, die von den einzelnen Chirurgen abhängig sind und somit die individuelle Operationstechnik betreffen.
In der Literatur wird einstimmig beschrieben, dass die Kompetenz des Chirurgen der wichtigste Faktor ist, um eine postoperative Wundinfektion zu vermeiden.
Aus diesem Grund sollten Themen wie zum Beispiel zarter und schonender Umgang mit dem Gewebe um Trauma zu vermeiden, die richtige Verwendung der Diathermie, Erhaltung der Hämostase und adäquate Wundausschneidung in der chirurgischen Ausbildung besonders hervorgehoben werden (30).

7.5.1. Entwicklung des aseptischen Operationsverfahren

Gustav Adolf Neuber gilt als Pionier im Bereich der Asepsis und seine Entwicklung zum Erreichen einer möglichen Keimfreiheit im Rahmen von chirurgischen Eingriffen geht zurück auf die Entdeckung von Erregern die Wundinfektionen auslösen. Joseph Lister (1827 – 1912) war der Erste, der sich mit der Kontamination von Operationswunden auseinandergesetzt hat. Zur Vermeidung einer Kontamination mit Keimen im Bereich der Wunde führte er die Substanz Carbol, welches ein Phenolderivat ist, ein. Während der Operation wurde die Wunde kontinuierlich mit Carbol besprüht und auch die postoperativen Wundverbände waren ebenfalls mit dem Phenolderivat durchtränkt. Neuber bemerkte relativ schnell, dass eine Anwendung des Carbolverdampfers eine Belastung für den Patienten darstellte, die Wundheilung nicht begünstigt wurde und es des Öfteren zu toxischen Schäden kam. Daher begann er zwischen 1878 und 1890 ein Verfahren zu entwickeln, um die Keimbelastung von operativen Wunden intra- und postoperativ zu unterbinden. Veröffentlicht hat er die einzelnen Entwicklungsschritte 1910 als Manuskript „Arbeit und Erfahrung“.

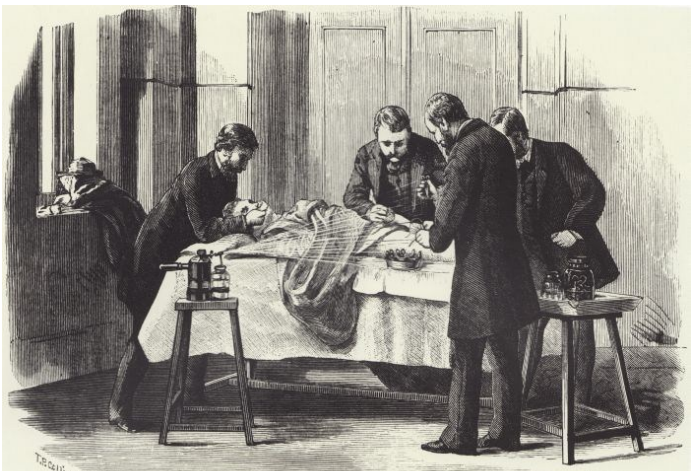

Abbildung 1
Operation aus der Zeit um 1870 mit einem Carbolverdampfer (31)

Als erster Schritt beschrieb Neuber den antiseptischen Dauerverband. Anschließend konzentrierte er sich auf die Drainage und die Möglichkeiten diese abzuschaffen. Dazu war es notwendig jede Wundreizung durch Chemie oder Mechanik weitgehend zu vermeiden wie zum Beispiel das Berühren der Wunde mit Fingern oder Tupfern. Zeitgleich war es allerdings notwendig eine Prophylaxe zu steigern, was zu dieser Zeit nicht üblich war.

Der dritte Schritt war gekennzeichnet durch den Bau des neuen aseptischen Spitals. Dies enthielt fünf getrennte Operationssäle, die jeweils einem anderen Zweck dienten. Jeder einzelne war nach der Grundidee der

möglichst perfekten Sauberkeit ausgerichtet, dies beinhaltete auch physikalische Mitteln, die zur Erhaltung dieser Sauberkeit notwendig waren. Zusätzlich zu den Räumlichkeiten wurde auch vom gesamten Personal exakte Sauberkeit vorausgesetzt. Somit gelang es Neuber durch penible Hygiene zusammen mit sorgfältiger Blutstillung, versenkten Nähten und komprimierenden Verbänden die Sekretion auf ein Minimum herabzusetzen.

Durch diese einzelnen Schritte entwickelte Neuber 1885 das System der Aseptik, welches die Grundlage der heutigen modernen Aseptik darstellt (31).

7.5.2. Inzisionen (Hautschnitt, Wunderöffnung)

Die Verwendung der Diathermie bei routinemäßig durchgeführten Hautschnitten und Durchtrennung von Gewebe hat eine weitverbreitete Akzeptanz unter den Chirurgen. Im Vergleich zu Schnitten mit einem herkömmlichen Skalpell zeigt sich ein Unterschied bezüglich der Wundheilung. Allerdings bietet die Verwendung der Diathermie einen großen Vorteil bei der Erhaltung der Hämostase und zusätzlich kann man die Operationsdauer verkürzen (30).

Eine prospektive, randomisierte, kontrollierte Studie hat Inzisionen mittels Diathermie im Vergleich zu Inzisionen mittels Skalpell bei verschiedenen routinemäßigen chirurgischen Eingriffen untersucht. Es wurden insgesamt 369 Patienten eingeschlossen, bei 185 wurde die Diathermie verwendet und bei 184 wurde ein Skalpell verwendet. Neben den postoperativen Wundinfektionen wurden auch OP-Dauer, Blutverlust, postoperativer Schmerz und Dauer des Aufenthaltes aufgezeichnet. Es wurde festgestellt, dass bei Verwendung der Diathermie sowohl die OP-Dauer als auch der Blutverlust und der postoperative Schmerz signifikant vermindert werden konnte. Obwohl dies alles Faktoren für eine Reduktion der Rate an postoperativen Wundinfektionen wären, haben die Ergebnisse keinen Unterschied der SSI Rate zwischen den beiden Techniken gezeigt (32). Eine andere Studie mit 100 Patienten untersuchte den Blutverlust bei

Diathermie im Vergleich zu Skalpell Inzisionen bei elektiven Mittellinien Laparotomie Wunden. Aufgezeichnet wurden SSI Raten, aber auch OP-Dauer, Größe der Wunde, intraoperativer Blutverlust und postoperativer Schmerz. Die Studie zeigt die gleichen Ergebnisse wir zuvor: geringerer Blutverlust und postoperativer Schmerz bei Verwenden der Diathermie, aber kein signifikanter Unterschied der SSI Raten (30).

Obwohl zurzeit eindeutige wissenschaftliche Daten fehlen, dass die Verwendung der Diathermie eine Steigerung der SSI Raten verursachen könnte, empfiehlt das National Institute for Health and Clinical Excellence in UK trotzdem eine Vermeidung der Diathermie für Hautschnitte (30).

7.5.3. Wundklassifikation

Die Klassifikation der Wunde ist ein bedeutender Faktor für die Prävention einer postoperativen Wundinfektion. Je nach Grad der Kontamination kann man weitere Maßnahmen einleiten um das Risiko etwas zu mindern.

- Saubere Wunden: Schnitt in ein harmloses, nicht infiziertes, nicht entzündetes Gewebe, welcher anschließend primär verschlossen wird.
- Sauber-kontaminierte Wunden: Beabsichtigter Schnitt in eine Körperhöhle ohne anschließende Kontamination
- Kontaminierte Wunden: Dazu zählen durch einen Unfall eröffnete Körperhöhlen, Abweichen der sterilen Operationstechnik oder eine Inzision in ein eitrig entzündetes Gewebe.
- verschmutzte Wunden: Dazu zählen Operationen in einem Gewebe mit nekrotischem Gewebe, Fremdkörper, Kontamination mit Fäkalien oder perforierende Körperhöhlen.

Im Zusammenhang mit der Klassifikation von Wunden konnte eine annähernd lineare Abhängigkeit zwischen dem Grad der Kontamination und der SSI Rate festgestellt werden. Die Literatur beschreibt eine SSI Rate von 1,3% bei sauberen Wunden und im Vergleich dazu eine Rate von fast 40% bei verschmutzten Wunden (13).

7.5.4. OP-Dauer

Eine Arbeit aus dem Jahr 2004 zeigte, dass die Dauer einer Operation ein unabhängiger Risikofaktor für eine postoperative Wundinfektion ist. Der Grund dafür kann zum Beispiel das höhere Expositionsrisiko oder aber auch eine potentiell stärkere Traumatisierung des Gewebes sein (12).

7.5.5. Blutsperre

Als die Chirurgen begonnen haben die Blutsperre bei chirurgischen Eingriffen zu verwenden, hatte dies zunächst ausschließlich für den Operateur selbst einige Vorteile wie zum Beispiel eine bessere Übersicht im Operationsgebiet und somit konnte die Präparation weniger traumatisch durchgeführt werden. Zusätzlich gelang es den intraoperativen Blutverlust zu senken. Im weiteren Verlauf wurde durch zahlreiche Studien auch die immer mehr zunehmende Problematik verbunden mit der Technik der intraoperativen Blutsperre aufgezeigt.

Es wurden bei verwendeter Blutsperre bei Kniegelenkseingriffen oder Endoprothesen des Knies postoperativ zahlreiche Einblutungen in das Gelenk beobachtet. Des Weiteren konnte nach Endoprothesen des Kniegelenkes mit verwendeter Blutsperre eine höhere Rate an postoperativen Infektionen festgestellt werden. Die gleichen Symptome konnten bei Frakturen im Bereich der unteren Extremität beobachtet werden.

Wenn intraoperativ eine Blutsperre angelegt und verwendet wurde, konnten in diversen Untersuchungen eine ganze Reihe von Komplikationen nach der Anwendung festgestellt werden. Bereits bei einer Verwendung unter zwei Stunden kann es zu einer Schädigung der Muskulatur und der Nerven kommen. In 50% der Anwendungen treten Veränderungen des EMG auf, welche zum Teil über Monate persistieren. Es erfolgt während der Anwendung eine Aktivierung der Gerinnung und somit steigt die Inzidenz von Thrombosen gleichzeitig an. Nach Öffnen der Blutsperre konnten vermehrt Lungenembolien beobachtet werden. Zusätzlich besteht die Gefahr eines Kompartmentsyndroms, da die Reperfusion zu einer plötzlichen Volumenzunahme der betroffenen Extremität führt.

Heutzutage muss man aufgrund der Ergebnisse der bereits durchgeführten Studien die Verwendung einer Blutsperre vor allem bei frisch traumatisiertem Gewebe sehr kritisch betrachten. Das OP-Team bzw. der Chirurg muss individuell entscheiden. Allgemein besteht heute nur mehr eine Indikation bei Eingriffen bei denen ein hoher Blutverlust zu erwarten ist. Dagegen ist zu erwähnen, dass die Verwendung einer Blutsperre bei elektiven Eingriffen im Rahmen der Hand- und Fußchirurgie weniger bedenklich ist (3).

7.5.6. Fremdkörper, Implantate

Fremdkörper die im Rahmen eines chirurgischen Eingriffes im Patienten verbleiben, können zum Beispiel Nahtmaterial oder Prothesen sein. Diese Fremdkörper können, wie auch nekrotisches Gewebe, das Risiko einer Infektion im Wundgebiet stark erhöhen (12).

7.5.7. Wundverschluss

Bei chirurgischen Wunden kann man eine primäre, verspätete primäre oder sekundäre Wundheilung unterscheiden.

<u>Verschlusstechnik:</u>

Jüngere Studien zeigten, dass die Infektionsrate auf 5% gesenkt werden konnte, indem man infizierte Wunden für vier Tage offen ließ und adäquat mittels antibiotischer Therapie und regelmäßigen Verbandswechseln versorgte, bevor sie anschließend zugenäht wurden.

Bei Eingriffen mit einer niedrigen Rate an SSI ist ein primärer Wundverschluss bevorzugt wie zum Beispiel bei einer elektiven Inguinalhernien-OP, da die Heilungszeit verkürzt werden kann, und man meist ein schöneres Narbenergebnis erhält.

Ein primärer Wundverschluss kann entweder mit einer fortlaufenden Naht oder mit einzelnen Nähten versorgt werden. Eine Studie mit 625 Patienten,

bei denen eine Laparotomie durchgeführt wurde, zeigte keinen signifikanten Unterschied der SSI Raten beider Gruppen (30).

Nahtmaterial:

Unabhängig von der angewandten Technik haben die unterschiedlichen Nahtmaterialien ebenfalls einen Einfluss auf die Raten einer postoperativen Wundinfektion.
Absorbierbares Nahtmaterial wird vom Körper durch proteolytische Enzyme abgebaut. Die Zeit der Absorption variiert, abhängig von der Art der Naht, zwischen zehn Tagen und acht Wochen.
Zahlreiche Publikationen haben bereits den Zusammenhang zwischen verwendetem Nahtmaterial und postoperativer Wundinfektionen untersucht, wobei bisher kein signifikanter Unterschied festgestellt wurde (30).

7.5.8. Wunddrainage

In der Abteilung für Unfallchirurgie und operative Orthopädie ist die Einlage einer Wunddrainage heutzutage Standard. Die Theorie der Sekretableitung, wie zum Beispiel in Form eines Redon wurde Mitte der 50er Jahre eingeführt, und es kam zu einer sehr raschen Verbreitung dieses Systems. Die Idee war es Hämatome zu reduzieren und somit auch die Gefahr einer Infektion zu minimieren, obwohl diese Prinzip wissenschaftlich erst nach vielen Jahren hinterfragt wurde. Der positive Effekt der routinemäßig verwendeten Wunddrainage ist in der Literatur bisher nicht bewiesen worden(3). Die Studie von Beer et al. von 1991 zeigte, dass die Anlage von Wunddrainagen die Wundheilung nach einer implantierten Hüftgelenksprothese nicht beeinflusst. Es zeigte sich kein signifikanter Unterschied bezüglich Wundsekretion, postoperativer Schwellung und Range-of-Motion in den beiden verglichenen Gruppen (33). Eine weitere große Studie von 1994 zeigte die gleichen Ergebnisse. Anders sind die Ergebnisse von Revisionen- und postoperativen Wundinfektionsraten nach Schenkelhalsfrakturen. Eine Studie von Lang et

al. von 1998 zeigte, dass die Rate bei Patienten die mit einer Wunddrainage versorgt wurden signifikant höher war als die ohne. Ähnliche Ergebnisse wurden bei Osteosynthesen festgestellt.
Neben der Indikation zur Verwendung einer Wunddrainage ist auch der Zeitpunkt der Entfernung der Drainage immer wieder Gegenstand von diversen Untersuchungen und wird nach wie vor kontrovers diskutiert. Eine wichtige Studie zu diesem Thema ist jene von Härle et al. von 1983, welche zeigte, dass bereits nach 2 Stunden 50% und nach 24 Stunden bereits 75% der Förderleistung einer Drainage erreicht wurden. Eine weitere Studie von Arbogast et. Al. zeigte, dass nach 48h postoperativ bereits 15% des Wundsekrets in der Drainageflasche durch Bakterien kontaminiert waren. Des Weiteren sind bereits nach 24 Stunden die Hälfte der Drainage-Schläuche durch einen Thrombus verlegt und weisen somit keine Förderleistung mehr auf.

Aufgrund von diesen Ergebnissen sollten intraartikuläre Drainagen bereits innerhalb von 24 Stunden postoperativ entfernt werden, um eine Erhöhung der Infektionsrate zu vermeiden.

Zusammenfassend wurde festgestellt, dass die Infektionsrate durch das Einlegen einer Wunddrainage nicht gesenkt werden konnte. Wunddrainagen können sogar den gegenteiligen Effekt haben und durch bakterielle Kontamination eine Infektion hervorrufen (3).

7.5.9. Wundverband

In der Mitte des 19. Jahrhunderts zeigte Louis Pasteur, dass in saurer Milch und in verdorbener Butter bedeutend mehr Mikroorganismen aufzufinden sind. Gleich darauf bemerkte er, dass diese Mittel kein Produkt der Fäulnis waren sondern der Grund für diese. Eine Wundheilung unter Ausschluss der Luft um eine Kontamination bzw. Infektion zu vermeiden war zu der damaligen Zeit eine gängige Methode. Auf Grund von Pasteurs neuer Erkenntnis hatte Joseph Lister die Idee, man könne die Verwesung im Bereich einer Verletzung verhindern ohne dabei die Luft auszuschließen.

Sein Grundgedanke war ein Verband anzulegen, der ein Überleben und Ansiedeln der frei beweglichen Mikroorganismen verhindern kann. Als er bei einem Abwasserkanal vorbei spazierte, kam ihm seine bahnbrechende Idee. Joseph Lister hatte bemerkt, dass Abwasserkanäle mit Karbolsäure (auch bekannt als Phenol) gereinigt wurden, wodurch zusätzlich der Geruch deutlich vermindert wurde.
1865 versorgte er erstmals einen komplizierten Bruch indem er die Wunde mit einer in Phenol getränkten Wolle umwickelt. Zwei Jahre später berichtete er über die ersten elf Fälle, die er mit dieser Methode versorgt hatte. Davon erholten sich neun Patienten ohne einen Verlust einer Gliedmaße, einer überlebte allerdings mit einer Gliedmaßen Amputation, und ein Patient war verstorben.

Die beiden Prinzipien von Lister, einerseits, dass Keime Infektionen verursachen und andererseits, dass Eiter kein positives Zeichen bzw. Symptom war, wurden von den Deutschen zur Zeit des Deutsch-Französischen Krieges (1870-1871) angenommen und weiterentwickelt. Die Franzosen hingegen ignorierten diese neuen Erkenntnisse, in Folge waren die Mortalitätsraten nach Amputationen bei den Deutschen signifikant niedriger als bei den Franzosen (26).

7.6. Oxygenierung und Lungenfunktion

Oxidative Prozesse haben für die mikrobielle Abwehr und die Wundheilung eine große Bedeutung. Somit war die Idee entstanden, dass eine verbesserte intraoperative Oxygenierung der Lunge die postoperative Wundinfektionsrate positiv beeinflussen könnte. Im Rahmen eines Tierversuches wurde bestätigt, dass bei höherer Sauerstoffkonzentration in der Atemluft das Maß an Gewebszerstörung nach abgelaufener experimenteller Infektion gesenkt werden konnte. Analog dazu traten bei Patienten nach einer kolorektalen Operation mit Gabe von 80% Sauerstoff in der Atemluft weniger postoperative Wundinfektionen auf. Eine weitere Studie bei großen intraabdominellen Eingriffen zeigte allerdings widersprüchliche Ergebnisse.

Da die wissenschaftliche Lage zu diesem Thema bisher sehr widersprüchlich und uneinheitlich ist, liegen derzeit keine Empfehlungen von speziellen Maßnahmen bezüglich der Oxygenierung als Verbesserung der SSI Rate vor (30).

8. OP-Räumlichkeiten

Die Grundlagen für die Durchführung eine aseptische Operation sind wie bereits zuvor beschrieben zum Beispiel angemessene Kleidung, ordnungsgemäß durchgeführte Desinfektion und eine bestmögliche OP-Technik. Neben diesen Maßnahmen ist aber eine streng eingehaltene Asepsis des gesamten OP-Teams und aller Mitarbeiter in unmittelbarer Nähe zum Operationsfeld, sowie die Verwendung eines steriles Instrumentarium von großer Bedeutung für die Prävention einer postoperativen Wundinfektion. Eine weitere notwendige Maßnahme ist, dass ausschließlich sterile, ordnungsgemäß aufbereitete Medizinprodukte verwendet werden (12).

8.1. Entwicklung des aseptischen OP-Verfahrens

Die spezielle Umgebung des OP-Saales ist ein komplexes System welches ein Zusammenspiel aus Personal, Patient und Technik ist. In den letzten 300 Jahren wurden die Räumlichkeiten des OP-Traktes vor allem auf die Bedürfnisse der Chirurgen abgestimmt und dem entsprechend verändert. Damals wurden Operationen zum Teil im Hause des Patienten oder im Sprechstundenzimmer des Arztes durchgeführt. Im 18. Jahrhundert wurden die ersten Operationssäle gebaut, welche einem Theater mit ausreichend Platz für Zuseher ähnlich waren. Ein Beispiel dafür ist der Operationssaal des St. Thomas Hospitals in London, der 1751 erbaut wurde. 1821 wurde in diesem Krankenhaus ein weiterer Saal erbaut, der gleich war wie der erste. Der einzige Unterschied war ein zusätzlicher kleiner Raum, welcher vermutlich für die postoperative Versorgung von Patienten mittels

Ruhe und Wärme genutzt wurde. Mitte des 19. Jahrhunderts wurde die Anästhesie eingeführt und somit wurde auch ein weiterer Raum für die Vorbereitung dieser notwendig (34). Bis zum Ende des 19. Jahrhunderts benötigte jedes Krankenhaus, egal wie groß es auch war, nur einen einzigen Operationssaal (35).

Dr. Robert Koch gelang es in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts die Entstehung von Infektionen durch Mikroorganismen zu entdecken. In der Folge begann ein Umdenken in allen Bereichen der Medizin, so auch in der Chirurgie. Statt der Antisepsis war nun die Asepsis das große Ziel und dafür wollte man eine möglichst erregerfreie Umgebung des Operationsfeldes einrichten (36). Durch Lister's Erkenntnis der Asepsis geschah ein Umdenken im Sinne der Erschaffung eines Operationssaales mit dem Ziel der Eliminierung von Infektionen. Ab sofort wurden die Räume und deren Inhalt aus Materialien erbaut, die gut gereinigt werden konnte. Zusätzlich wurden alle Ecken abgerundet und Fensterrahmen waren bündig mit der Innenfläche der Wände. Des Weiteren wurden OP-Tische und Instrumenten-Tische aus Holz ausgetauscht und es wurden ebenfalls nur mehr leicht abwaschbare Materialien für diese verwendet. Ende des 19. Jahrhunderts wurde gefordert, dass ein OP Saal immer in einem hygienischen Zustand sein solle, sodass es möglich war jederzeit eine Notfalloperation durchführen zu können (34).

Gustav Adolf Neuber (1850 – 1932)

Der deutsche Chirurg gilt als der Begründer der Architektur der heutigen Operationsbereiche.

1878 hat er begonnen, auf Grundlage der Arbeit über die Entstehung von Wundinfektionen von Robert Koch, neue chirurgische Verfahren zu entwickeln um eine aseptische Operation durchführen zu können. Im Rahmen einer Hygieneausstellung in Berlin stellt der junge Chirurg 1883 einen neuartigen Bau- und Organisationplan für ein Krankhaus mit 100 Betten vor. Mit diesem Konzept war die Möglichkeit einer aseptischen Operation sichergestellt, allerdings hat die Idee von Neuber zu dieser Zeit

keine Beachtung gefunden.

Da Neuber seine Vorstellung der aseptischen Chirurgie in der chirurgischen Abteilung der Universität Kiel nicht umsetzen konnte, verließ er diese Position und begann am 1883 im Gemeindehospital Gaarden zu arbeiten. Dieses Spital wurde 1875 errichtet und extra nach den Wünschen und Bedürfnissen von Neuber umgebaut. In den Jahren 1884 bis 1886 bekam er finanzielle Unterstützung von seiner Frau und baute somit die Privatklinik im Königsweg 8 in Kiel auf. Dies war die allererste Klinik, welche nach den Grundsätzen der Asepsis aufgebaut war, und machte somit Neuber zum Pionier der Asepsis.

Neben seiner Entwicklung des aseptischen Krankenhauses entwickelte er auch viele neue Verfahren, die aber erst einige Zeit später allgemein anerkannt und verwendet wurden, wie zum Beispiel die Behandlung einer Trigeminusneuralgie mittels Injektion von Überosmiumsäure 1883 (31). Trotz zahlreichen Publikationen von Neuber zum Thema Aseptik wurden seine Methoden anfangs nicht anerkannt und somit wurden vielfach andere als die „Väter der Aseptik“ benannt. 1916 bzw. 1926 schrieb Conrad Brunner, dass alle heutigen Forderungen und Voraussetzungen des Operationsraumes und seine Benutzung bereits eindeutig und ausführlich von Neuber im Jahre 1886 beschrieben und ausgeführt wurden. Zusammengefasst sagte Conrad Brunner, dass bereits damals alles genau so gemacht wurde, wie es in den heutigen Sälen mit mehr technischer Finesse aufzufinden ist (31).

8.2. Belüftung und Klimatisierung

Seit nun mehr als 60 Jahren sind spezielle Formen der Ventilation ein wichtiger Bestandteil im Operationsaal. Diverse Studien haben gezeigt, dass besonders saubere Luft mit einer Reduktion der SSI Rate nach prothetischen Gelenksoperationen einhergeht. Die Zahl der minimalinvasiven chirurgischen Eingriffe nimmt immer mehr zu. Bisher ist allerdings unklar, ob bei diesen wie zum Beispiel einer Laparoskopie oder Arthroskopie, die gleichen Standardbedingungen

bezüglich der Ventilation angewendet werden müssen wie bei offenen Operationen (37). Um eine gute Be- und Entlüftung im OP-Saal zu gewährleisten, stehen verschiedene Konzepte zur Verfügung. Derzeit herrscht Ungewissheit bezüglich der optimalen Luftzufuhr, sicher ist allerdings, dass eine mechanische Be- bzw. Entlüftung mittels Fenster nicht geeignet ist da eine gute Raumluftqualität durch die wechselnden Wetterverhältnisse nicht gewährleistet und gesteuert werden kann (38).
Die Luftzufuhr kann grundsätzlich in zwei Arten unterteilt werden:

- turbulente Mischströmung:
  Die Zuluft wird von der Decke ungerichtet in den OP-Saal eingeleitet und meist nahe dem Boden abgeführt. Dabei ist die Qualität der Luft im gesamten Operationssaal gekennzeichnet durch die Vermischung von der nahezu keimfreien Zuluft und der Raumluft. Es gibt also keine extra Schutzzonen wie es zum Beispiel oberhalb des Operations- oder Instrumententisches von Vorteil wäre (38).

- turbulenzarme Verdrängungsströmung:
  Bei dieser Art der Luftzufuhr versucht man einen Schutzbereich über dem OP- bzw. Instrumententisch zu erschaffen. Dies kann ermöglicht werden durch eine Luftzuführung über große Deckenfelder. Historische Studien lassen vermuten, dass bei Implantation von Fremdkörper wie zum Beispiel einer Endoprothese große Deckenfelder im Vergleich zu kleineren mit einer Reduktion der postoperativen SSI Rate verbunden sind (38).

Nach den aktuellen Richtlinien sollten Operationssäle, in denen alloplastisches Material implantiert wird, mit großen Deckfeldern ausgestattet sein (38). Allerdings ist die aktuelle wissenschaftliche Lage uneinheitlich. Eine kürzlich durchgeführte Studie hat den Einfluss der Luftzufuhr auf die postoperative Wundinfektionsrate bei Hüft- und Knie Totalendoprothesen untersucht. Die Ergebnisse zeigten keinen signifikanten Unterschied zwischen den beiden untersuchten Gruppen (39).

Neben der Luftzufuhr ist es aber auch wichtig, eine konstante Temperatur von 22 bis max. 26°C zu erreichen, mit Ausnahme in der Neonatologie oder pädiatrischen Chirurgie. Die relative Luftfeuchtigkeit sollte 35 bis 65% sein und die Luftgeschwindigkeit nicht mehr als 0,2 Meter pro Sekunde (38).

8.3. Zutritt zum OP-Saal

In der Literatur wird mehrmals beschrieben, dass die Zahl der Mikroorganismen in einem Operationssaal direkt proportional zu der Zahl der Personen, die sich im Raum befinden, ist. Obwohl es für eine Reduktion der Bakterienzahl notwendig wäre, ist es einem Spital oft nicht möglich die Zahl der Personen im OP-Saal zu reduzieren. Neben dem Personal wie Operateur, Anästhesie und Pflege sind häufig auch Studenten der Medizin zum Zweck der Ausbildung anwesend (30).

Aufgrund der Erkenntnisse der Turbulenzen und des linearen Verhältnisses zwischen Bakterienzahl und Personen gibt es einige intraoperative Maßnahmen für die Prophylaxe einer postoperativen Wundinfektion. Während einer Operation sollte die Tür stets geschlossen sein, um eine Einschleppung von Keimen zu vermeiden. Mögliche Luftturbulenzen wie zum Beispiel durch Pendelbewegungen oder unnötigen anderen Bewegungen, müssen unbedingt vermeiden werden. Zusätzlich sollte trotz angelegtem Mund-Nase-Schutz möglichst wenig gesprochen werden (19).

9. Material und Methoden

Zur Erstellung dieser Diplomarbeit wurden aktuelle aber auch ältere historisch relevante Literatur zum Thema der Infektionsprophylaxe und Aseptik bearbeitet. Verwendet wurden sowohl gedruckte als auch digitale Quellen in deutscher aber auch englischer oder anderen Sprachen. Hierzu zählen vor allem veröffentlichte Studien und Arbeiten aus der Datenbank „PubMed“ aber auch Normen und Empfehlungen von nationalen und internationalen Institutionen des Gesundheitswesens.

Zu Beginn dieser Arbeit wurde eine ausführliche Recherche zu diesem Thema durchgeführt. Mit dieser Arbeit möchte ich vor allem einen guten historischen Überblick über das komplexe Thema der Infektionsprävention im Rahmen von operativen Eingriffen geben.

10. Diskussion

Postoperative Wundinfektionen sind eine weltweite gefürchtete und sehr häufige Komplikation im Rahmen von chirurgischen Eingriffen. Sie sind zwar zahlenmäßig nicht die häufigste nosokomial erworbene Infektion, haben jedoch für den Patienten weitaus größere Auswirkungen als zum Beispiel ein Harnwegsinfekt. Postoperative Wundinfektionen führen zu einem verlängerten Krankenhausaufenthalt, zum Teil sind weiter, komplizierte Folgeoperationen notwendig, und sie sind verbunden mit zahlreichen zusätzlichen Maßnahmen (unzählige Verbandswechsel und Antibiotikaapplikation). Aus der Sicht des Chirurgen sind postoperative Wundinfektionen die nachhaltigsten und schwersten Komplikationen, da diese unmittelbar seiner Intervention zugeordnet werden können und sie können zum Teil sogar als vermeidbar angesehen werden.

Betrachtet man den historischen Verlauf der Infektionsprophylaxe, stellt sich die Frage der weiteren Entwicklungsmöglichkeiten. Zurzeit von Semmelweis und Lister waren die ersten Methoden der Infektionsverhütung die Verwendung von Karbol und die Händedesinfektion. Ende des 19. Jahrhunderts wurden erste prophylaktische Maßnahmen im Sinne der Schutzkleidung eingeführt. Später, Ende des zweiten Weltkrieges, verwendete man zusätzlich die Antibiotikaprophylaxe. In den 70er Jahren wurde die Infektionstherapie durch die Osteosynthese verbessert und Anfang der 80er Jahre gelang eine Verbesserung durch neu entwickelte Raumluftanlagen. Ende der 80er Jahre wurden die Materialien der Schutzkleidung sowie der Abdecktücher weiter verbessert.

Es scheint, als wären die monokausalen Maßnahmen zur Prophylaxe weitgehend ausgeschöpft. Somit steht heutzutage und in den kommenden Jahren vor allem die multikausale Betrachtungsweise der Infektionsentstehung im Vordergrund. Zusätzlich scheint eine kontinuierliche Surveillance und Schulung des Personals von großer Bedeutung für die Zukunft zu sein (40).

Abkürzungen

BZW	beziehungsweise
CDC	Centers for Disease Control and Prevention
ECDC	European Center of Disease Prevention and Control
EMG	Elektro-Myo-Gramm
HAI	health-care associated infection
MNS	Mund-Nasen-Schutz
NHSN	National healthcare safety network
NNIS	National Nosocomial Infections Surveillance
OP	Operation
SSI	surgical site infection

Literature Cited

1. Horan TC, Gaynes RP, Martone WJ, Jarvis WR, Emori TG. CDC definitions of nosocomial surgical site infections, 1992: a modification of CDC definitions of surgical wound infections. Infection control and hospital epidemiology 1992; 13(10):606–8.

2. Nationales Referenzzentrum für Surveillance von nosokomialen Infektionen. Definitionen nosokomialer Infektionen: CDC Definitionen. 7th ed. Berlin; 2011 2011.

3. Pichl JJ, Hofmann T, Auhuber TC, Hoffmann R. Perioperative Infektionsprophylaxe in Unfallchirurgie und Orthopädie. OP-JOURNAL 2005; (21):220–3.

4. Humphreys H, Becker K, Dohmen PM, Petrosillo N, Spencer M, van Rijen M et al. Staphylococcus aureus and surgical site infections: benefits of screening and decolonization before surgery. The Journal of hospital infection 2016.

5. Presterl E, Hiesmayr M, Wrba T, Eigmann M, Schöll P, Pieber K et al. Gesundheitssystem-assoziierte Infektionen in Österreich 2014: Eine Zusammenstellung nationaler Daten. Wien: Bundesministerium für Gesundheit und Frauen; 2016.

6. Kappstein I. Nosokomiale Infektionen: Prävention - Labordiagnostik - antimikrobielle Therapie. 4., vollständig neu bearbeitete Auflage. s.l.: THIEME; 2009. Available from: URL:http://dx.doi.org/10.1055/b-002-33694.

7. Department of Health CMO. Winning Ways: Working Together to Reduce Healthcare Associated Infection in England. London: Department of Health; 2003.

8. Perencevich EN, Diekema DJ. Decline in invasive MRSA infection: where to go from here? JAMA 2010; 304(6):687–9.

9. Semmelweiss JP. Die Ätiologie, der Begriff und die Prophylaxe des Kindbettfiebers. 1. Auflage. Pest, Wien, Leipzig: Hartleben; 1861.

10. Ruef C, Eisenring M-C, Troillet N. Erfassung postoperativer Wundinfektionen: Zusammenfassender Bericht 2010-2011. Version 1.0. Bern: Swissnoso; 2013.

11. Oestern H-J, Probst J. Unfallchirurgie in Deutschland: Bilanz und Perspektiven. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; 1997. Available from: URL:http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-60879-7.

12. Kommission für Krankenhaushygiene und Infektionsprävention des Robert Koch-Institutes. Prevention of postoperative surgical wound infection: recommendations of the Hospital Hygiene and Infection Prevention Committee of the Robert Koch Institute. Bundesgesundheitsblatt, Gesundheitsforschung, Gesundheitsschutz 2007; (3):377–93.

13. Reichman DE, Greenberg, J. A. Reducing Surgical Site Infections: a review. REVIEWS IN OBSTETRICS & GYNECOLOGY 2009; (2 (4)):212–21.

14. Malone DL, Genuit T, Tracy JK, Gannon C, Napolitano LM. Surgical site infections: reanalysis of risk factors. The Journal of surgical research 2002; 103(1):89–95.

15. Waisbren E, Rosen H, Bader AM, Lipsitz SR, Rogers SO, JR, Eriksson E. Percent body fat and prediction of surgical site infection. Journal of the American College of Surgeons 2010; 210(4):381–9.

16. Moller AM, Villebro N, Pedersen T, Tonnesen H. Effect of preoperative smoking intervention on postoperative complications: a randomised clinical trial. Lancet (London, England) 2002; 359(9301):114–7.

17. Maier S, Eckmann C, Kramer A. Perioperative Antibiotikaprophylaxe: Ein Update. Krankenh.hyg. up2date 2015; 10(02):105–12.

18. National Collaborating Centre for Women’s and Children's Health. Surgical site infection: Prevention and treatment of surgical site infection. London: RCOG Press; 2008. (NICE clinical guidelinesno. 74).

19. Institut für Krankenhaushygiene und Mikrobiologie. Fachrichtlinie Nr. 10: Hygiene im OP. Version 5.0. Graz; 2015 2015 Dec 2. Available from: URL:http://www.krankenhaushygiene.at/cms/dokumente/10310808_9236981/c1c2ac36/10_Hygiene%20im%20OP_2016.pdf [cited 2016 Oct 24].

20. Kramer A, Heidecke C-D. Präoperative Hautantiseptik und Hautschutz. Trauma Berufskrankh 2015; 17(S2):322–9.

21. Bützer P. Desinfektion, Antiseptika; 2009 [cited 2016 Oct 19]. Available from: URL:www.buetzer.info/fileadmin/pb/pdf-Dateien/Desinfektion.pdf.

22. Liehn M, Richter H, Kasakov L. OTA-Lehrbuch: Ausbildung zur Operationstechnischen Assistenz. Berlin Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; 2014. Available from: URL:http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-41728-3.

23. Kallweit N. Empfehlungen für das Hygienemanagement in Kleintierpraxen [Dissertation]. Berlin: Freie Universität Berlin; 2005.

24. Adams LW, Aschenbrenner CA, Houle TT, Roy RC. Uncovering the History of Operating Room Attire through Photographs. Anesthesiology 2016; 124(1):19–24.

25. Porter R. The greatest benefit to mankind: A medical history of humanity from antiquity to the present. Paperback ed. London: Fontana Press; 1999.

26. Jones A. Bare below the elbows: a brief history of surgeon attire and infection. BJU international 2008; 102(6):665–6.

27. Lathan, SR. Caroline Hampton Halsted: the first to use rubber gloves in the operating room. Baylor University Medical Center Proceedings 2010; (23):389–92.

28. Watson DS. Perioperative safety. St. Louis, Mo.: Mosby/Elsevier; 2011.

29. Institut für Krankenhaushygiene und Mikrobiologie. Fachrichtlinie Nr. 02: Chirurgische Händedesinfektion. Version 6.0. Graz; 2015 2015. Available from: URL:http://www.krankenhaushygiene.at/cms/dokumente/10310808_9236981/b811e040/02_Chir.H%C3%A4ndedesinfektion_2015.pdf [cited 24.20.2016].

30. McHugh SM, Hill ADK, Humphreys H. Intraoperative technique as a factor in the prevention of surgical site infection. The Journal of hospital infection 2011; 78(1):1–4.

31. Illert M. Gustav Adolf Neuber: Aseptische Wundbehandlung: Von Kiel um die ganze Welt: Physiologisches Institut der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel. Available from: URL:http://www.medizin350.uni-kiel.de/entwurf/neuber_komplett/neuber_lebenslauf.html.

32. Shamim M. Diathermy vs. scalpel skin incisions in general surgery: double-blind, randomized, clinical trial. World journal of surgery 2009; 33(8):1594–9.

33. Beer KJ, Lombardi AV, JR, Mallory TH, Vaughn BK. The efficacy of suction drains after routine total joint arthroplasty. The Journal of bone and joint surgery. American volume 1991; 73(4):584–7.

34. Essex-Lopresti M. Operating theatre design. Lancet (London, England) 1999; 353(9157):1007–10.

35. Gibbs D, Evans J. Paintings of a nineteenth century operating theatre. BMJ (Clinical research ed.) 1992; 305(6868):1549–50.

36. Wieland M. Robert Koch - Pionier der Mikrobiologie: Westdeutscher Rundfunk Köln; 2016 [cited 2016 Oct 25]. Available from: URL:http://www.planet-wissen.de/gesellschaft/sauberkeit/hygiene/pwierobertkochpionierdermikrobiologie100.html.

37. Humphreys H, Taylor EW. Operating theatre ventilation standards and the risk of postoperative infection. The Journal of hospital infection 2002; 50(2):85–90.

38. AWMF. Anforderungen an Raumlufttechnische Anlagen (RLTA). 3.0th ed.; 2013 Februar 2013. Available from: URL:http://www.awmf.org/uploads/tx_szleitlinien/029-020l_S1_RLTA-Anforderungen_der_Hygiene.pdf [cited 2016 Oct 28].

39. Singh S, Reddy S, Shrivastva R. Does laminar airflow make a difference to the infection rates for lower limb arthroplasty: a study using the National Joint Registry and local surgical site infection data for two hospitals with and without laminar airflow. European journal of orthopaedic surgery & traumatology : orthopedie traumatologie 2016.

40. Hansis M. Wesen und Bedeutung der Infektionen und der Infektionsverhütung in der Unfallchirurgie. In: Oestern HJ, Probst J. Unfallchirurgie in Deutschland. Berlin Heidelberg: Springer Verlag; 1997. P. 561-575