

Anaesthesist 2010 · 59:851–868
 DOI 10.1007/s00101-010-1789-4
 Online publiziert: 10. September 2010
 © Springer-Verlag 2010

Redaktion

H. Forst · Augsburg
 R. Rossaint · Aachen
 M. Weigand · Gießen
 A. Heller · Dresden



Punkten Sie online auf
CME.springer.de

Teilnahmemöglichkeiten

- kostenfrei im Rahmen des jeweiligen Zeitschriftenabonnements
- individuelle Teilnahme durch den Erwerb von CME-Tickets auf CME.springer.de

Zertifizierung

Diese Fortbildungseinheit ist mit 3 CME-Punkten zertifiziert von der Landesärztekammer Hessen und der Nordrheinischen Akademie für Ärztliche Fort- und Weiterbildung und damit auch für andere Ärztekammern anerkennungsfähig.

Hinweis für Leser aus Österreich und der Schweiz

Gemäß dem Diplom-Fortbildungs-Programm (DFP) der Österreichischen Ärztekammer werden die auf CME.springer.de erworbenen CME-Punkte hierfür 1:1 als fachspezifische Fortbildung anerkannt.

Der Anaesthesist ist zudem durch die Schweizerische Gesellschaft für Anaesthesiologie und Reanimation mit 1 Credit pro Modul anerkannt.

Kontakt und weitere Informationen

Springer-Verlag GmbH
 Fachzeitschriften Medizin / Psychologie
 CME-Helpdesk, Tiergartenstraße 17
 69121 Heidelberg
 E-Mail: cme@springer.com
CME.springer.de

T. Hachenberg¹ · M. Sentürk¹ · O. Jannasch² · H. Lippert²

¹ Klinik für Anaesthesiologie und Intensivtherapie, Universitätsklinikum A.ö.R., Otto-von-Guericke-Universität, Magdeburg

² Klinik für Allgemeine, Viszeral- und Gefäßchirurgie, Universitätsklinikum A.ö.R., Otto-von-Guericke-Universität, Magdeburg

Postoperative Wundinfektionen

Pathophysiologie, Risikofaktoren und präventive Konzepte

Zusammenfassung

Postoperative Wundinfektionen sind nach Pneumonien und Harnwegsinfektionen die dritthäufigste nosokomiale Infektionsart in deutschen Akutkrankenhäusern. Sie führen zu gesteigerter Morbidität und Letalität, verlängertem Krankenhausaufenthalt und höheren Behandlungskosten. Zu den wichtigsten Risikofaktoren zählen der mikrobiologische Befund im Bereich der Hautinzision, eine nichtfristgerechte Antibiotikaprophylaxe, die Dauer der Operation, der Notfalleingriff, ein schlecht oder nichteingestellter Diabetes mellitus, maligne Grunderkrankung, chronischer Tabakabusus und hohes Lebensalter. Anästhesiologische Maßnahmen zur Vermeidung von Wundinfektionen umfassen die Aufrechterhaltung von Normothermie, eine adäquate Infusionstherapie, die strenge Indikationsstellung für allogene Bluttransfusionen und die rechtzeitige Antibiotikaprophylaxe. Die Blutglucosekonzentration sollte postoperativ im Bereich von 8,3–10 mmol/l (150–180 mg/dl) gehalten werden; niedrigere Werte sind mit einer erhöhten Komplikationsrate assoziiert. Die intra- und postoperative Hyperoxie mit 80%igem Sauerstoff hat sich nicht als wirksam zur Verhinderung von Wundinfektionen erwiesen. Eine Infiltration des Wundgebiets mit Lokalanästhetika zur postoperativen Schmerztherapie beeinträchtigt die Wundheilung nicht.

Schlüsselwörter

Wundinfektion · Thermotheapie · Allogene Bluttransfusion · Antibiotika · Hyperoxie · Normoglykämie · Lokalanästhetika

Postoperative wound infections. Pathophysiology, risk factors and preventive concepts

Abstract

Postoperative wound infections are the third most common type of nosocomial infection in German emergency hospitals after pneumonia and urinary infections. They are associated with increased morbidity and mortality, prolonged hospital stay and increased costs. The most important risk factors include the microbiological state of the skin surrounding the incision, delayed or premature prophylaxis with antibiotics, duration of surgery, emergency surgery, poorly controlled diabetes mellitus, malignant disease, smoking and advanced age. Anesthesiological measures to decrease the incidence of wound infections are maintaining normothermia, strict indications for allogenic blood transfusions and timely prophylaxis with antibiotics. Blood glucose concentrations should be kept in the range of 8.3–10 mmol/l (150–180 mg/dl) as lower values are associated with increased complications. Intraoperative and postoperative hyperoxia with 80% O₂ has not been shown to effectively decrease wound infections. The application of local anesthetics into the surgical wound in clinically relevant doses for postoperative analgesia does not impair wound healing.

Keywords

Wound infection · Thermotheapie · Blood transfusion · Antibiotics · Hyperoxia · Hyperglycemia · Anesthetics, local

Auch heute noch stellen postoperative Wundinfektionen trotz antiseptischer Techniken ein relevantes klinisches Problem dar. Allerdings zeigen die Ergebnisse der Study on the Efficacy of Nosocomial Infection Control (SENIC), dass ein effizientes Infektionsüberwachungsprogramm Wundinfektionen um 32% zu reduzieren vermag [4]. Der vorliegende Weiterbildungsbeitrag vermittelt dem Leser Kenntnisse über die Pathophysiologie und Risikofaktoren der postoperativen Wundinfektionen sowie Ansatzpunkte, mit deren Hilfe der Anästhesist die Häufigkeit und das Ausmaß postoperativer Wundinfektionen vermindern kann.

Historische Aspekte

Vor der Einführung der Antisepsis im Jahr 1867 durch den britischen Chirurgen Sir Joseph Lister stellten Wundinfektionen die Haupttodesursache nach chirurgischen Eingriffen dar [1]. Die seinerzeit neuen ► **hygienischen Prinzipien** – Verdampfen von Karbolsäure (Phenol) im Operationssaal, häufige Händewaschung, Tragen von Operationshandschuhen, Sterilisierung von chirurgischen Instrumenten, Anlage von phenolgetränkten Verbänden – führten zu einer dramatischen Verbesserung der Operationsergebnisse und bedeuteten einen Meilenstein in der Entwicklung der modernen Chirurgie.

Aktueller Stand

Auch heute sind postoperative Wundinfektionen trotz antiseptischer Techniken ein relevantes klinisches Problem. Wundinfektionen stellen nach Pneumonien und Harnwegsinfektionen die dritthäufigste nosokomiale Infektionsart in deutschen Akutkrankenhäusern dar [2]. Nach den Daten des Krankenhaus-Infektions-Surveillance-Systems (KISS) treten 2,0 postoperative Wundinfektionen/100 Patienten auf. In Deutschland werden pro Jahr stationär ca. 6,4 Mio. chirurgische Eingriffe durchgeführt; hinzu kommt noch eine große Zahl ambulanter Operationen. Daraus ergibt sich allein im stationären Bereich eine Inzidenz von ca. 130.000 postoperativen Wundinfektionen [3], die zu gesteigerter Morbidität und Letalität, zu verlängertem Krankenhausaufenthalt, einer erhöhten Wiederaufnahme von bereits entlassenen Patienten und erheblichen Kosten führen [2].

Physiologie und Pathophysiologie der Wundheilung

Im Rahmen eines operativen Eingriffs entsteht eine Wunde, die in mehr als 90% aller Fälle primär heilt (■ **Abb. 1**). In Abhängigkeit von verschiedenen Faktoren können jedoch Wundheilungsstörungen wie Hämatome, Serome, Wunddehiszenzen, Nekrosen und Wundinfektionen folgen (■ **Abb. 2**; [5]). Wundinfektionen sind als Eindringen eines Infektionserregers in eine Wunde und seine lokale Vermehrung mit einer immunologischen Reaktion des Wirtsorganismus auf den Erreger definiert. Nach den US-amerikanischen Centers for Disease Control and Prevention (CDC) werden sie in 3 Arten unterteilt (■ **Tab. 1**; [6]). Die Häufigkeit von postoperativen Wundinfektionen und die isolierten Erreger schwanken bei chirurgischen Eingriffen erheblich (■ **Tab. 2, 3**).

Risikofaktoren für die Entstehung einer Wundinfektion

Verschiedene Patientencharakteristika sind mit einem erhöhten Risiko für postoperative Wundinfektionen assoziiert (■ **Tab. 4**). Eine Abschätzung ist mit dem ► **National Nosocomial Infection Surveillance (NNIS) Index** möglich, der jeweils einen Risikopunkt vergibt, wenn die Operation länger als 75% dieser Indikatoroperation dauert, die Wundkontaminationsklasse ≥ 2 und der Score des Patienten in der Klassifikation der American Society of Anesthesiologists (ASA) ≥ 3 beträgt [7]. Wichtige Risikofaktoren sind der mikrobiologische Befund im Bereich der Hautinzision (■ **Tab. 5**), eine nichtfristgerechte Antibiotikaphylaxe, die Dauer der Operation und der Notfalleingriff [8]. Mangelernährung, Hypalbuminämie, Immunsuppression durch Kortikosteroide oder Chemotherapie, schlecht oder nichteingestellter Diabetes mellitus, chronischer Tabakabusus, extreme Adipositas und hohes Lebensalter begünstigen ebenfalls Wundkomplikationen [9].

Das Erregerspektrum postoperativer Wundinfektionen hat sich in den letzten Jahren nicht wesentlich geändert (■ **Tab. 3**). Vor allem in der Orthopädie und Traumatologie, Kardiochirurgie und

► Hygieneprinzipien

Wundinfektionen stellen die dritthäufigste nosokomiale Infektionsart in deutschen Akutkrankenhäusern dar

Wundinfektionen entstehen durch Eindringen eines Infektionserregers in eine Wunde und seine lokale Vermehrung

► National Nosocomial Infection Surveillance (NNIS) Index

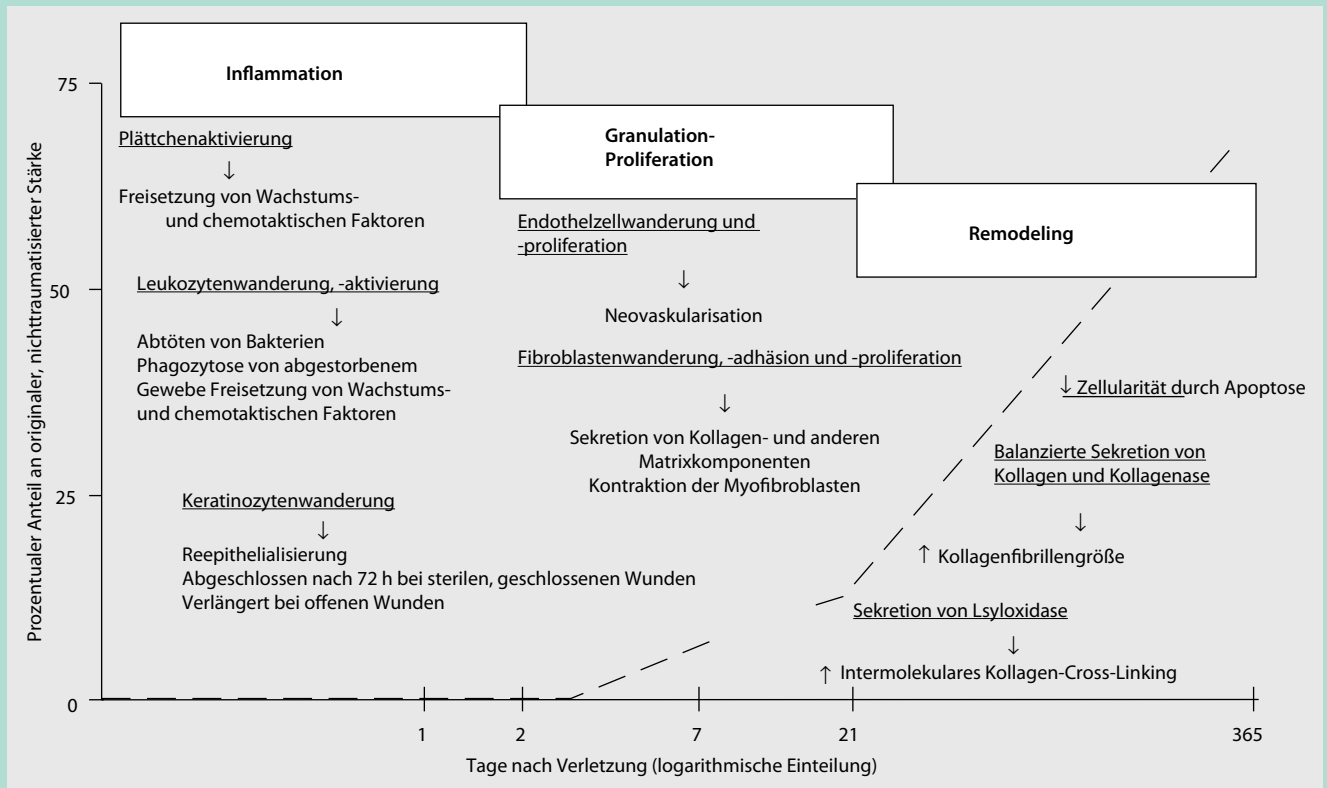


Abb. 1 ▲ Inflammatorische, proliferative und remodelierende Prozesse der Wundheilung. (Nach [54])



Abb. 2 ▲ a Oberflächliche Wundinfektion mit trüber Sekretion und Hautrötung nach Leberteilresektion, b inkompletter Platzbauch, c Versorgung mit Vakuumversiegelung

Gefäßchirurgie ist ► **Staphylococcus aureus** der am häufigsten nachgewiesene Erreger bei Wundinfektionen. Der Anteil an multiresistentem *Staphylococcus aureus* (MRSA) ist dabei lokal und auch innerhalb eines Krankenhauses in den einzelnen Fachgebieten unterschiedlich. Gramnegative anaerobe bakterielle Erreger spielen insgesamt eine untergeordnete Rolle bei postoperativen Wundinfektionen [2].

Präventive Konzepte

Wegen der Bedeutung postoperativer Wundinfektionen haben präventive Maßnahmen einen besonderen Stellenwert und fallen in die gemeinsame Kompetenz von Anästhesist und Chirurg. Die Konzepte umfassen sowohl die Vermeidung oder Reduzierung von Risikofaktoren, die die Entstehung von Wundinfektionen begünstigen, als auch aktive Maßnahmen, die den lokalen Heilungsverlauf fördern.

► Staphylococcus aureus

Präventive Maßnahmen fallen in die gemeinsame Kompetenz von Anästhesist und Chirurg

Tab. 1 Definition chirurgischer Wundinfektionen der Centers for Disease Control and Prevention [6]

A. Auftreten einer Infektion innerhalb von 30 Tagen nach der Operation (bis 1 Jahr, wenn Implantat):		
B. Vorhandensein von mindestens einem der 3 folgenden Kriterien:		
Oberflächliche Wundinfektion (Kutis- und Subkutis)	Tiefe Wundinfektion (Kutis, Subkutis, Faszie und Muskeln)	Organbefall (Körperhöhlen)
1. Eitrige Sekretion aus der oberflächlichen Inzision	1. Eitrige Sekretion aus der tiefen Inzision	1. Eitrige Sekretion aus einer tiefen Drainage
2. Erregerisolierung aus aseptisch entnommenem Material	2. Spontane Dehiszenz der tiefen Inzision oder Eröffnung durch den Operateur, wenn der Patient mindestens eines der folgenden Symptome hat: - Fieber (>38°C) - Lokalisierter Schmerz oder Druckempfindlichkeit Außer bei negativer Kultur	2. Erregerisolierung aus aseptisch entnommenem Material von Flüssigkeit oder Gewebe im eigentlichen Operationsgebiet (Organ/ Körperhöhle)
3. Mindestens eines der folgenden Symptome: - Schmerz - Druckempfindlichkeit - Lokalisierte Schwellung - Rötung oder Überwärmung Und Eröffnung der Wunde durch den Operateur (außer bei negativer Kultur)	3. Abszess oder andere Anzeichen für eine Infektion, festgestellt bei direkter Untersuchung, während einer Reoperation oder bei histopathologischer oder radiologischer Untersuchung	3. Abszess oder andere Anzeichen für eine Organ- oder Körperhöhleninfektion, festgestellt bei direkter Untersuchung, während einer Reoperation oder bei histopathologischer oder radiologischer Untersuchung
C. Diagnose einer Infektion durch den Operateur oder behandelnden Arzt		

Tab. 2 Inzidenz postoperativer Wundinfektionen für stationäre Indikatoroperationen im Zeitraum 01/1997 bis 06/2003 [3]

Operationsart	Anzahl (n) der Operationen	Anzahl (n) der Wundinfektionen	Median (%)	25.–75. Perzentil
Arthroskopische Kniegelenkoperation	23.163	47	0,1	0–0,4
Knieendoprothese	15.630	166	0,8	0–1,7
Hüftendoprothesen				
- Orthopädie	25.995	363	1,0	0,8–2,0
- Traumatologie	21.352	567	2,4	1,2–3,3
Operation am oberen Sprunggelenk	2944	59	1,4	0–2,2
Operation bei Schenkelhalsfraktur	4843	115	2,3	1,2–3,0
Gefäßchirurgische Operation	12.213	317	2,2	0,9–3,7
Koronare Bypassoperation mit Gefäßtransplantat	13.581	396	3,1	2,2–3,3
Strumaoperation	7029	37	0,3	0–0,8
Herniotomie	29.121	395	1,0	0,4–1,8
Cholezystektomie	29.762	441	1,1	0,7–2,1
Sectio caesarea	26.774	487	1,1	0,5–2,4
Operation an der Mamma	9800	183	1,4	0,4–2,2
Operation an den Nieren	2944	156	1,7	0–4,0
Appendektomie	15.868	368	2,0	1,0–3,2
Operation an der Prostata	3385	138	2,3	1,6–8,5
Kolonoperation	14.393	912	5,8	3,7–7,8

Die Risikopunkte entsprechend dem National Nosocomial Infection Surveillance (NNIS-)System wurden nicht berücksichtigt.

Allogene Bluttransfusion und postoperative Wundinfektionen

Die allogene Bluttransfusion führt zu einer Immunmodulation (► „**transfusion-related immunomodulation**“) sowie Freisetzung von immunologischen und inflammatorischen Mediatoren (► „**biologic response modifiers**“).

Auf der anderen Seite verschlechtert eine Anämie die Prognose nach operativen Eingriffen [10] und ist ein unabhängiger Faktor für das Auftreten von Wundinfektionen [11]. Der Zusammenhang zwischen Anämie, allogenen Bluttransfusionen und postoperativen Wundinfektionen war Gegenstand zahlreicher klinischer Studien mit teilweise konträren Ergebnissen.

In einer prospektiven Observationsstudie an 1489 Patienten wurden der Zeitpunkt und die Häufigkeit postoperativer Infektionen im Zusammenhang mit allogenen Bluttransfusionen ermittelt. Von

- „**Transfusion-related immunomodulation**“
- „**Biologic response modifiers**“

Tab. 3 Anteil der bei postoperativen Wundinfektionen gewonnenen Isolate (in Prozent) aus dem Krankenhaus-Infektions-Surveillance-System

Erreger	Allgemein- chirurgie	Abdominal- chirurgie	Gefäß- chirurgie	Uro- logie	Gynä- kologie	Kardio- chirurgie	Traumatolo- gie, Ortho- pädie
<i>Staphylococcus aureus</i>	35,7	4,1	39,0	27,2	24,2	31,5	38,0
MRSA (Prozentanteil <i>S. aureus</i>)	14,4	32,3	28,9	22,6	10,8	19,8	18,7
<i>Enterococcus</i> -Spezies	4,0	22,4	17,7	10,1	9,0	7,6	12,5
<i>Escherichia coli</i>	4,0	28,6	11,7	11,8	8,1	4,2	4,5
KNS	7,9	3,1	10,9	8,8	10,5	25,0	15,6
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	3,2	6,4	6,5	1,3	2,5	3,6	2,4
<i>Enterobacter</i> -Spezies	2,4	5,0	2,3	1,3	1,7	5,5	3,1
<i>Proteus</i> -Spezies	3,6	4,2	4,8	3,9	3,5	1,4	2,5
<i>Klebsiella</i> -Spezies	1,6	4,8	1,6	1,7	1,9	3,0	0,9
<i>Bacteroides</i> -Spezies	1,6	5,7	1,2	0,9	1,9	0,1	0,3
<i>Streptococcus</i> -Spezies	4,0	0,9	0,9	2,6	1,5	0,2	1,6

Modul Operation-KISS von 01/2005 bis 12/2009.

Die Summe ergibt nicht 100%, da bis zu 4 Isolate bei einer Infektion erfasst werden können und nur die häufigsten Wundinfektionserreger dargestellt sind (Quelle: <http://www.nrz-hygiene.de>). MRSA Methicillin-resistenter *Staphylococcus aureus*, KNS koagulase negative Staphylokokken.

Tab. 4 Risikofaktoren für postoperative Wundinfektionen [8]

Risikofaktor	„Odds ratio“
Alter	Für je 10 Jahre 1,2
Mikrobiologischer Zustand	Sauber/kontaminiert 6,4
	Kolonisiert 3,7
	Schmutzig/infiziert 9,3
Antimikrobielle Prophylaxe	0,5
Stationärer Aufenthalt vor Operation	Für je 3 Tage 1,1
Operationsdauer	Für jede Stunde 1,5
Malignom	1,7
Notfalleingriff	2,0
Intensivstationsaufenthalt vor Operation	2,6
Antimikrobielle Prophylaxe 2 oder mehr Stunden vor Operation	5,3

Tab. 5 Einteilung der Eingriffe nach Kontaminationsgrad

Aseptisch	Die Schleimhaut des Respirations-, Gastrointestinal- oder Urogenitaltrakts wird nicht verletzt. Häufigste Keime sind Staphylokokken. Bei einer Wundinfektionsrate von <2% ist eine Antibiotikaphylaxe nicht notwendig. Ausnahme: Implantation von Fremdmaterial
Kontaminiert	Die Schleimhaut des Respirations-, Gastrointestinal- oder Urogenitaltrakts wird verletzt. Häufigste Erreger im Respirationstrakt sind Streptokokken und Staphylokokken, im Gastrointestinal- und Urogenitaltrakt Enterobakterien, Enterokokken und Anaerobier
Septisch	Eingriffe in Körperregionen mit massiver bakterieller Kontamination oder offene Traumata mit starker Verschmutzung. Meistens polymikrobielle Infektionen mit <i>Escherichia coli</i> und Anaerobiern. Die Wundinfektionsrate kann durch die Antibiotikaphylaxe von 25 auf 5% gesenkt werden

den 455 kardiochirurgischen und 1034 orthopädischen Patienten erhielten 55,6 bzw. 15,7% Fremdblutprodukte. Die Gesamtrate postoperativer Infektionen war in der Gruppe der transfundierten Patienten 3,6-mal höher (n=50; 12,1%) im Vergleich zu den nichttransfundierten Patienten [n=36; 3,4%, 95%-Konfidenzintervall (95%-CI) 2,4–5,4, p=0,001; [12]].

Diese Ergebnisse stehen im Gegensatz zu einer retrospektiven Studie an 625 konsekutiven Patienten mit proximaler Femurfraktur [11]. Insgesamt erhielten 29,9% der Patienten perioperativ eine allogene Bluttransfusion; die Letalität betrug 1 Jahr nach dem Ereignis 28,2%. In der 30-, 120- und 365-Tage-Analyse war die Letalität zwischen transfundierten und nichttransfundierten Patienten gleich, und auch die Prävalenzen oberflächlicher (2,0 vs. 1,9%) und tiefer (0,9 vs. 0,6%) Wundinfektionen unterschieden sich in den beiden Gruppen nicht.

► ASEPSIS-Score

In einer prospektiven Studie an 232 kardiochirurgischen Patienten wurden täglich Wundinspektionen nach dem ► **ASEPSIS-Score** („additional treatment“, „serous discharge“, „erythema“, „purulent exudates“, „separation of deep tissues“, „isolation of bacteria“, „stay in hospital prolonged over 14 days“) und laborchemische Blutuntersuchungen sowie radiologische Thoraxuntersuchungen an den postoperativen Tagen 1, 2 und 4 durchgeführt [13]. In 50% der Fälle erfolgte perioperativ die Transfusion allogener Blutprodukte. Die Patienten in der Transfusionsgruppe waren älter, hatten präoperativ niedrigere Hämoglobin- (Hb-)Konzentrationen und benötigten öfter eine dringliche oder eine Notfalloperation. Trotzdem war in beiden Gruppen die Prävalenz von Thoraxinfektionen (20 vs. 15%, $p=0,38$), Harnwegsinfektionen (3,5 vs. 5,3%, $p=0,075$), Wundinfektionen (3,5 vs. 8,0%, $p=0,16$) und Gesamtfektionen (28 vs. 30%, $p=0,89$) gleich. Die Studie brachte keinen Hinweis, dass Bluttransfusionen bei kardiochirurgischen Operationen mit einer erhöhten Infektionsrate assoziiert waren [“odds ratio“ (OR) 0,92; $p=0,77$].

In einer prospektiven schweizerischen Observationsstudie wurden 5873 allgemein chirurgische Patienten auf einen möglichen Zusammenhang zwischen präoperativer Anämie [definiert als Hb-Konzentration $<7,4$ mmol/l ($<12,0$ g/dl)], perioperativen allogenen Bluttransfusionen und postoperativen Wundinfektionen untersucht [14]. In der univariaten logistischen Regressionsanalyse waren die perioperative allogene Bluttransfusion (OR 2,93, 95%-CI 2,1–4,0, $p<0,001$) und präoperative Anämie (OR 1,32, 95%-CI 1,0–1,7, $p=0,037$) signifikant mit der Häufigkeit postoperativer Wundinfektionen assoziiert. Nach Adjustierung auf 13 Patientenmerkmale wurde die Assoziation in einer multivariablen Analyse deutlich schwächer; hierbei war die Dauer der Operation die wesentliche Einflussgröße. Die Daten bestärken eher Zweifel, dass allogene Erythrozytenkonzentrate als Risikofaktor für postoperative Wundinfektionen zu betrachten sind.

Die immunmodulatorischen Wirkungen einer Fremdbluttransfusion sind unstrittig; hierbei stellen die Spenderleukozyten und das Plasma die wesentlichen Elemente dar. Ob in dieser Hinsicht ► **leukozytendepletierte Erythrozytenkonzentrate** eindeutige Vorteile bieten, ist trotz mehrerer großer Studien und einer Metaanalyse nicht klar [15, 16]. Das transfusionsassoziierte Infektionsrisiko lässt sich durch autologe Blutprodukte senken [16], allerdings steht diese Option für Patienten mit erhöhtem Risiko für eine Wundinfektion häufig nicht zur Verfügung. Die Ergebnisse retrospektiver und prospektiver Studien mit unterschiedlichen operativen Patientenkollektiven sind uneinheitlich und zeigen im Gegensatz zu intensivmedizinischen Patienten keine klare Assoziation zwischen allogenen Bluttransfusionen und Wundinfektionen. Die aktuellen Querschnitteleitlinien der Bundesärztekammer von 2008 weisen für Patientengruppen und Risikofaktoren tolerierbare Hb-Konzentrationen auf, bei deren Unterschreitung eine Bluttransfusion erfolgen soll [16]. Sie sind ausdrücklich zur Lektüre empfohlen. Grundsätzlich muss die Indikation zur Therapie mit Fremdblut streng gestellt werden. Allerdings ist es nicht gerechtfertigt, dem Patienten im Hinblick auf mögliche Wundinfektionen eine notwendige Bluttransfusion vorzuenthalten.

Hyperoxie

Unter normalen Bedingungen beträgt der Sauerstoffpartialdruck (pO_2) im subkutanen Gewebe 60 mmHg, und es besteht eine direkte Beziehung zwischen der Oxygenierung des Wundgebiets und der Wundheilung [17]. Unter pathologischen Bedingungen – insbesondere in Verbindung mit eingeschränkter Perfusion und gesteigertem Sauerstoffverbrauch – kann der pO_2 <40 mmHg sinken, wodurch antibakterielle Prozesse eingeschränkt und die Entstehung einer Wundinfektion begünstigt werden (► **Abb. 3**; [18]). Sauerstoff wirkt bakterizid; hierbei spielt v. a. die Bildung von reaktiven O_2 -Molekülen durch neutrophile Granulozyten eine Rolle. Vor diesem Hintergrund wurde in mehreren großen klinischen Studien untersucht, ob eine Erhöhung der ► **inspiratorischen Sauerstofffraktion (F_{IO2})** die Häufigkeit von postoperativen Wundinfektionen beeinflusst.

In einer umfangreichen prospektiven, randomisierten, doppelt verblindeten Studie erhielten 500 Patienten mit elektiven kolorektalen Operationen intraoperativ und 2 h postoperativ 30%igen O_2 ($n=250$) oder 80%igen O_2 ($n=250$); die übrigen perioperativen Maßnahmen einschließlich einer perioperativen Antibiotikaphylaxe waren standardisiert. Die Prävalenz postoperativer Wundinfektionen war in der Stichprobe mit ► **80%igem O_2** signifikant niedriger (5,2%, 95%-CI 2,4–8,0%) im Vergleich zur Gruppe mit 30%igem O_2 (11,2%, 95%-CI 7,3–15,1%, $p=0,01$; [19]). Die Dauer des Krankenhausaufenthalts unterschied sich jedoch nicht zwischen den Gruppen.

Allogene Erythrozytenkonzentrate sind wahrscheinlich kein Risikofaktor für postoperative Wundinfektionen

► Leukozytendepletierte Erythrozytenkonzentrate

Die Indikation zur Therapie mit Fremdblut muss streng gestellt werden

Ab einem Sauerstoffpartialdruck <40 mmHg werden antibakterielle Prozesse eingeschränkt

► Inspiratorische Sauerstofffraktion (F_{IO2})

► 80%iger Sauerstoff

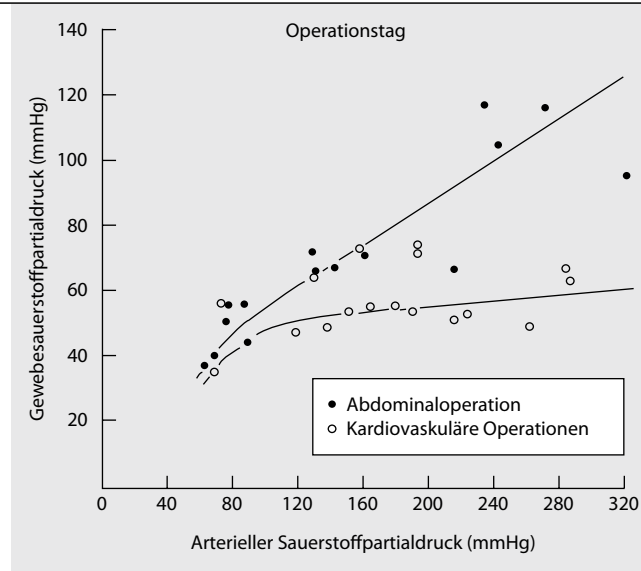


Abb. 3 ► Beziehung zwischen arteriellem und Gewebesauerstoffpartialdruck bei abdominalchirurgischen und kardiovaskulären Operationen [16]

In einer spanischen Multizenterstudie mit ähnlichem Prüfplan wurde nach kolorektalen Operationen der Einfluss einer intraoperativen und sechsständigen postoperativen Hyperoxie untersucht [20]. Postoperative Wundinfektionen traten bei 35 von 143 Patienten mit 30%igem O₂ (24,4%) und bei 22 von 148 Patienten mit 80%igem O₂ (14,9%, $p=0,04$) auf. Das relative Risiko einer postoperativen Wundinfektion war um 39% (RR 0,61, 95%-CI 0,38–0,98) niedriger in der Patientengruppe mit 80%igem O₂. Die zusammengeführten Daten aus den Studien von Greif et al. [19] und Belda et al. [20] ergeben eine absolute Reduktion der postoperativen Wundinfektionsrate um 7% und eine relative Verminderung um 45%.

Diese günstigen Ergebnisse konnten jedoch in 2 weiteren klinischen Studien nicht bestätigt werden. In eine monozentrische US-amerikanische Studie wurden 163 Patienten aufgenommen, die sich größeren nichtkardiochirurgischen Eingriffen in Allgemeinanästhesie unterzogen [21]. Die Patienten erhielten randomisiert intraoperativ und 2 h postoperativ entweder 80%igen oder 35%igen O₂. Patienten- und Operationsmerkmale waren in den untersuchten Stichproben gleich; die Studie musste jedoch nach einer Interimanalyse abgebrochen werden, da in der Patientengruppe mit 80%igem O₂ mehr Komplikationen auftraten. In einer „Intention-to-treat“-Analyse war die Prävalenz postoperativer Wundinfektionen bei einer F₁O₂ von 0,8 signifikant höher im Vergleich zu einer F₁O₂ von 0,35 (25,0 vs. 11,3%, $p=0,02$). Patienten mit Wundinfektionen hatten einen deutlich verlängerten Krankenhausaufenthalt [13,3 (9,9) vs. 6,0 (4,2) Tage]. Die konträren Ergebnisse dieser Studien sind schwierig zu erklären und können durch Unterschiede des perioperativen Managements, des Prüfplans und die retrospektive Erfassung von Wundinfektionen begründet sein [22].

Die derzeit umfangreichste Studie zum Einfluss einer Hyperoxie auf den postoperativen Verlauf erfolgte zwischen 2006 und 2008 in Dänemark an 1400 Patienten mit abdominalchirurgischen Eingriffen (PROXI Randomized Clinical Trial; [23]). Die Patienten wurden nach Einleiten der Allgemeinanästhesie intraoperativ bis zum Ende des Eingriffs mit 100%igem O₂ beatmet und erhielten postoperativ über 2 h entweder 30- oder 80%igen O₂. Die übrigen Maßnahmen einschließlich des Wärme- und Infusionsmanagements, der Schmerztherapie und Antibiotikaprophylaxe unterschieden sich nicht zwischen den Gruppen. Postoperative Wundinfektionen traten bei 131 von 685 Patienten mit 80%igem O₂ (19,1%) und bei 141 von 701 Patienten mit 30%igem O₂ (20,1%; OR 0,94, 95%-CI 0,72–1,22, $p=0,64$) auf. Die Prävalenz von Atelektasen, Pneumonie, respiratorischer Insuffizienz, die Notwendigkeit von Reoperationen, und die Letalität unterschied sich nicht zwischen den Gruppen.

Eine einfache Maßnahme wie die Erhöhung der F₁O₂ auf 0,8 bei größeren Operationen ist wahrscheinlich nicht effektiv, um postoperative Wundinfektionen zu vermeiden. Bei einer Nutzen-Risiko-Abwägung sollte in Betracht gezogen werden, dass bei bestimmten Patienten eine Hyperoxie auch erhebliche Nebenwirkungen haben kann, z. B. nach einer Chemotherapie mit Bleomycin, Mitomycin, Cyclophosphamid oder Carmustin [24].

Patienten mit Wundinfektionen hatten einen deutlich verlängerten Krankenhausaufenthalt

Bei bestimmten Patienten kann eine Hyperoxie erhebliche Nebenwirkungen haben

Rauchen muss 6 bis 8 Wochen vor dem chirurgischen Eingriff unterbrochen werden, damit signifikant weniger Infektionen auftreten

► **Carboxyhämoglobin- (CO-Hb-) Konzentration**

Aufrechterhaltung normaler Kreislaufverhältnisse und Vermeidung exzessiver interstitieller Flüssigkeitsbelastungen sind primäre Ziele

► **Restriktive vs. liberale Infusionsbehandlung**

► **Hydroxyäthylstärke**
► **Kristalloide Infusionslösungen**

► **Zielorientierter Ansatz**

Eine Volumenbelastung soll im Hinblick auf eine ungestörte Wundheilung vermieden werden

► **Kompensatorische Vasokonstriktion**

Präoperative Rauchkarenz

Rauchen ist ein unabhängiger Risikofaktor für das Auftreten von Wundinfektionen und hat zahlreiche ungünstige Einflüsse auf den klinischen Verlauf. In einer retrospektiven Studie an 916 abdominalchirurgischen Patienten war das Risiko postoperativer Wundinfektionen bei Rauchern 3,9-mal höher im Vergleich zu Nichtrauchern [25]. Rauchen vermindert den Gewebe- pO_2 von 65 ± 7 auf 44 ± 3 mmHg [26] und damit in den kritischen Bereich der Wundoxygenierung. Leider ist eine pragmatische Lösung nicht einfach, da eine Unterbrechung des Rauchens für 6 bis 8 Wochen vor einem chirurgischen Eingriff erfolgen muss, damit signifikant weniger Infektionen auftreten [27]. Dies ist häufig nicht praktikabel und in Notfällen ausgeschlossen. Eine präoperative Rauchkarenz von 24 h kann dennoch sinnvoll sein, da hierdurch die ► **Carboxyhämoglobin- (CO-Hb-) Konzentration** abnimmt und eine Linksverschiebung der Oxyhämoglobindissoziationskurve vermieden wird [27].

Flüssigkeitsmanagement

Das primäre Ziel der Infusionstherapie ist die Aufrechterhaltung normaler Kreislaufverhältnisse unter Vermeidung exzessiver interstitieller Flüssigkeitsbelastungen. Das optimale Management wird dennoch kontrovers diskutiert und umfasst nicht nur die Einflüsse einer „liberalen“ oder „restriktiven“ Vorgehensweise auf das Operationsergebnis, sondern auch die Art der Infusionslösungen.

Die gegenwärtig publizierten prospektiven, randomisierten Studien zum perioperativen Flüssigkeitsmanagement führten zu uneinheitlichen Ergebnissen; hierbei war die Wundinfektionsrate nur z. T. Gegenstand des Prüfplans. In einer viel diskutierten Studie untersuchten Brandstrup et al. [28] den Einfluss einer ► **restriktiven oder liberalen Infusionsbehandlung** auf den postoperativen Verlauf. In der volumenrestriktiven Gruppe traten weniger Wundheilungsstörungen auf im Vergleich zur Gruppe mit liberalem Flüssigkeitsmanagement (16 vs. 31%, $p=0,04$). Arkilic et al. [29] führten bei Patienten mit kolorektalen Operationen eine konservative (8 ml/kgKG/h intraoperativ und 1 h postoperativ, $n=26$) oder aggressive Infusionsbehandlung (10 ml/kgKG als Bolusinfusion, 16–18 ml/kgKG/h intraoperativ und 1 h postoperativ, $n=30$) durch. Im Rahmen der liberalen Infusionstherapie lag der pO_2 intra- und postoperativ im subkutanen Gewebe signifikant höher. In einer weiterführenden Untersuchung fand die gleiche Arbeitsgruppe jedoch keine Verbesserung der Wundinfektionsrate durch eine aggressive Infusionstherapie [30]. Nach abdominalchirurgischen Eingriffen bei Patienten im höheren Lebensalter führte die Kombination von ► **Hydroxyäthylstärke** (HAES 6%/130) mit ► **kristalloiden Infusionslösungen** zu einer geringeren proinflammatorischen Reaktion im Vergleich zu kristalloiden Lösungen [31]. Allerdings fehlen in diesen Studien Angaben zu oberflächlichen oder tiefen Wundinfektionen.

Allgemein gilt, dass die Ergebnisse der vorliegenden klinischen Studien kaum vergleichbar sind. So reicht die intraoperativ verabreichte „liberale“ Infusionsmenge von 2750–5388 ml, verglichen mit 998–2740 ml Infusionslösung in einem „restriktiven“ Ansatz. Darüber hinaus wurden die Dauer der Flüssigkeitstherapie und die klinischen Endpunkte unterschiedlich definiert, und lediglich 2 Studien berichteten über die Prinzipien der perioperativen Infusionsbehandlung und die Entlassungskriterien der Patienten.

Es empfiehlt sich ein ► **zielorientierter Ansatz** mit kristalloiden Infusionen zum Ausgleich von Flüssigkeitsverlusten und kolloidalen Infusionen zum Ersatz von leichten bis mittelschweren Blutverlusten [32]. Eine Volumenbelastung sollte im Hinblick auf eine ungestörte Wundheilung vermieden werden, allerdings scheint ein restriktiver Ansatz nicht zu einer Verminderung infektiöser Komplikationen beizutragen.

Normothermie

Eine leichte Hypothermie wird intra- und postoperativ häufig beobachtet und ist mit verschiedenen Komplikationen assoziiert, wie verlängertem Krankenhausaufenthalt, erhöhtem Blutverlust, Transfusionsbedarf und vermehrten kardialen Ereignissen [33]. Während der ersten Stunde einer Allgemein- oder rückenmarknahen Regionalanästhesie tritt eine Umverteilung des Temperaturgradienten vom Körperkern zur Peripherie auf. Die ► **kompensatorische Vasokonstriktion** zur Aufrechterhaltung der Körpertemperatur wird durch die Anästhetika beeinträchtigt; hierdurch erfolgt ein ver-

mehrter Wärmeverlust durch Abstrahlung und Konvektion. Zwischen Hypothermie und postoperativen Infektionen bestehen vielfache Zusammenhänge:

1. Eine Hypothermie induziert eine Vasokonstriktion und Abnahme des subkutanen pO_2 .
2. Alle Phasen der Wundheilung werden durch eine Hypothermie gestört. Es tritt eine Beeinträchtigung der Thrombozytenfunktion und Aktivität der plasmatischen Gerinnungsfaktoren auf, die zu erhöhtem Blutverlust, Perfusionsstörung und Immunsuppression führen kann.
3. Die Funktionen von neutrophilen Leukozyten und Makrophagen sowie die T-Zell-vermittelte Antikörperproduktion sind bei Hypothermie gestört.

Die Bedeutung der Normothermie zur Vermeidung postoperativer Komplikationen wurde in mehreren klinischen Studien dokumentiert. Kurz et al. [34] untersuchten prospektiv, randomisiert 200 Patienten mit kolorektalen Eingriffen, die durch aktive Wärmemaßnahmen normotherm ($T=37,0\pm 0,3^\circ\text{C}$) gehalten wurden oder eine Standardtherapie erhielten, worunter die Körpertemperatur deutlich abfiel ($T=34,4\pm 0,4^\circ\text{C}$). Die ursprünglich geplante Stichprobengröße betrug 400 Patienten; die Studie musste aber vorzeitig beendet werden, da in der Behandlungsgruppe signifikant weniger Wundinfektionen im Vergleich zur Kontrollgruppe auftraten (5,8 vs. 18,8%, $p<0,009$).

Selbst eine milde Hypothermie ($T=35,4\pm 0,4^\circ\text{C}$) führte in einer Studie mit 290 Patienten mit Cholezystektomie zu signifikant mehr Wundinfektionen [35].

Diese Ergebnisse konnten jedoch in anderen Studien nicht vollständig bestätigt werden. Barone et al. [36] untersuchten retrospektiv 150 konsekutive Patienten mit subtotaler oder totaler Kolektomie [36]. In mehr als 90% der Fälle wurden ► **aktive Wärmemaßnahmen** durchgeführt, dennoch trat bei 49 Patienten während der Operation ein Abfall der Körpertemperatur $<35,3^\circ\text{C}$ auf. Obwohl intraoperativ etwa ein Drittel der Patienten von einer Hypothermie betroffen war, unterschieden sich der klinische Verlauf, die Krankenhausverweildauer und die postoperative Infektionsrate nicht zwischen den normo- und hypothermen Patienten. Walz et al. [37] nahmen 1449 kolonchirurgische Patienten in eine retrospektive Analyse auf und fanden, dass eine milde Hypothermie ($T=35,8\pm 0,8^\circ\text{C}$) sogar mit einer niedrigeren Rate an Wundinfektionen assoziiert war. Eine Erklärung für diesen überraschenden Befund lässt sich nicht leicht finden, allerdings war der Unterschied zur normothermen Gruppe ($T=36,0\pm 0,9^\circ\text{C}$) nur sehr gering. In einer Kohorte von 900 Patientinnen mit Sectio caesarea hatte eine leichte intraoperative Hypothermie ebenfalls keinen Einfluss auf die Häufigkeit postoperativer Wundinfektionen [38]. In dieser Studie war die Körpertemperatur der schwangeren Patientinnen allerdings in beiden Gruppen höher im Vergleich zu Patienten mit größeren abdominalchirurgischen Eingriffen und die Dauer des Eingriffs (und damit der Hypothermie) deutlich kürzer.

Trotz methodischer Schwachpunkte der Studie von Greif et al. (höhere Zahl von Bluttransfusionen in der Kontrollgruppe, verspäteter Beginn der Antibiotikaprophylaxe, Fortführen der Antibiotika für mehr als 3,5 postoperative Tage, ausschließlich kolorektale Operationen in der Stichprobe) und inkonsistenter Ergebnisse verschiedener retrospektiver Untersuchungen wird die Aufrechterhaltung der Normothermie als wichtige Maßnahme zur Vermeidung postoperativer Wundinfektionen betrachtet. Da eine Hypothermie noch weitere nachteilige Effekte für den Patienten hat, sollten aktive Wärmemaßnahmen ergriffen werden, um den Temperaturhaushalt intra- und postoperativ möglichst ausgeglichen zu halten [39].

Kontrolle der Glucosekonzentration im Blut

Nach Angaben der World Health Organization (WHO) sind in Deutschland derzeit etwa 6 Mio. Menschen an Diabetes mellitus erkrankt; dies entspricht einer Prävalenz von 7,3%. Der Diabetes mellitus hat verschiedene Auswirkungen auf das Immunsystem (Abnahme der Leukozyten- und Lymphozytenzahl, Beeinträchtigung der Phagozytosefähigkeit und bakteriziden Kapazität, verminderte Adhärenz der polymorphkernigen neutrophilen Granulozyten und reduzierte Apoptose). Darüber hinaus tritt eine vermehrte Freisetzung proinflammatorischer Mediatoren [Tumor-Nekrose-Faktor- (TNF-) α , Interleukin- (IL-)6, IL-8] und reaktiver Sauerstoffradikale („reactive oxygen species“, ROS) auf, während die endotheliale Stickstoffmonoxid- (NO-)Produktion und damit die Vasomotion in zahlreichen Organen vermindert sind. Der Diabetes mellitus führt nach verschiedenen chirurgischen Eingriffen zu einer deutlich erhöhten Komplikationsrate und schlechteren Prognose im Langzeitverlauf. In einer prospektiven Kohortenstudie an 3555 kardiochirurgischen Patienten war ein präoperativer Hämoglobin- (Hb-)A_{1c}-Wert $>7,8\%$ mit einer 5,3-fach häufigeren tiefen Sternuminfektion verbunden [40]. In einer retrospektiven Studie an mehr als 1 Mio. Patienten mit Knie- oder

Zwischen Hypothermie und postoperativen Infektionen bestehen vielfache Zusammenhänge

► Aktive Wärmemaßnahmen

Die Aufrechterhaltung der Normothermie ist eine wichtige Maßnahme zur Vermeidung postoperativer Wundinfektionen

Ein Diabetes mellitus führt nach chirurgischen Eingriffen zu einer deutlich erhöhten Komplikationsrate und schlechteren Langzeitprognose

Tab. 6 Antibiotikaprophylaxe bei operativen Eingriffen nach Empfehlungen der Paul Ehrlich Gesellschaft und der Österreichischen Gesellschaft für Antimikrobielle Chemotherapie

Allgemein- und Viszeralchirurgie	Empfohlene Antibiotika	Kommentar
Kolorektale Chirurgie (Perioperative Prophylaxe obligat)	Ampicillin/Sulbactam, Amoxicillin/Clavulansäure	Cefazolin oder Cefuroxim oder Cefotiam + Metronidazol oder Cefoxitin Risikopatienten: Ceftriaxon + Metronidazol Bei allen Eingriffen mit Eröffnung des Dickdarms
Appendektomie (gangränöse Appendizitis, perityphlitischer Abszess ± Perforation)	Ampicillin/Sulbactam, Amoxicillin/Clavulansäure	Cefazolin + Metronidazol Bei Perforation Therapie über 3 bis 5 Tage erforderlich
Eingriffe an den Gallenwegen	Ampicillin/Sulbactam, Amoxicillin/Clavulansäure	Cefazolin oder Cefuroxim oder Cefotiam Bei Risikopatienten (>60 Jahre, Diabetes, Ikterus, komplizierter Verlauf, Cholangitis): Piperacillin/Tazobactam oder Ceftriaxon + Metronidazol als Therapie über mehrere Tage
Eingriffe an Magen/Duodenum (Risikopatienten: Malignom, Anacidität, Alter >70 Jahre, schwere Magenblutung, voroperierter Magen)	Ampicillin/Sulbactam, Amoxicillin/Clavulansäure	Cefazolin oder Cefotiam oder Cefuroxim Bei Patienten mit hohem Risiko (blutendes Duodenalulkus, Magenkarzinom, Adipositas): Ceftriaxon + Metronidazol
Leber-, Pankreas-, Ösophagusresektion	Cefazolin oder Cefuroxim oder Cefotiam ± Metronidazol	Clindamycin + Gentamycin Risikopatienten: Ceftriaxon + Metronidazol
Thorax- und Gefäßchirurgie		
Herz-, Gefäß- und Implantationschirurgie	Cefazolin oder Cefuroxim oder Cefotiam	Vancomycin ± Gentamycin Prophylaxe länger als 1 Tag führt nicht zur Senkung der Infektionsrate
Thoraxchirurgie (Risikopatienten: Alter >60 Jahre, chronische Bronchitis, starke Raucher, Adipositas, Emphysem, Malignom)	Cefazolin oder Cefuroxim oder Cefotiam	Vancomycin
Gefäßchirurgie (Eingriffe an peripheren Gefäßen, Gefäßprothesen, Mehrfacheingriffe)	Cefazolin oder Cefuroxim oder Cefotiam	Vancomycin Insbesondere bei hohen Infektionsraten
Beinamputation	Ampicillin/Sulbactam, Amoxicillin/Clavulansäure	Cefuroxim oder Cefotiam + Metronidazol
Traumatologie Orthopädie		
Arthroalloplastik	Cefazolin oder Cefuroxim oder Cefotiam + Metronidazol	Clindamycin + Gentamycin Wirksamkeit von antibiotikahaltigem Zement ähnlich wie bei systemischer Antibiotikatherapie
Offene Fraktur	Ampicillin/Sulbactam, Amoxicillin/Clavulansäure	Cefazolin oder Cefuroxim oder Cefotiam + Metronidazol Bei komplizierten offenen Frakturen Therapie bis zu 10 Tagen
Plastische Chirurgie, Handchirurgie	Cefazolin oder Cefuroxim oder Cefotiam	Ampicillin/Sulbactam, Amoxicillin/Clavulansäure
Neurochirurgie		
Liquor-Shunt-Operationen	Cefazolin oder Cefuroxim oder Cefotiam	Vancomycin Indiziert nur bei Infektionsraten >10%
Kraniotomie	Cefazolin oder Cefuroxim oder Cefotiam	Vancomycin Indiziert nur bei Eingriffen mit hohem Risiko
Oropharynx-, Larynxchirurgie	Ampicillin/Sulbactam, Amoxicillin/Clavulansäure	Cefazolin oder Cefuroxim oder Cefotiam + Metronidazol
Augenchirurgie	Topische Instillation vor Operation: Aminoglykosid, Fluorchinolon, Neomycin-Gramicidin-Polymyxin B	Subkonjunktival: Cefazolin (optional) Tobramycin (optional)
Bissverletzungen (Mensch, Tier)	Ampicillin/Sulbactam, Amoxicillin/Clavulansäure	

Tab. 6 [Fortsetzung]

Allgemein- und Viszeralchirurgie	Empfohlene Antibiotika	Kommentar
Urologische Eingriffe		
An Harnwegen mit Eröffnung des Darmsegments	Ampicillin/Sulbactam, Amoxicillin/Clavulansäure	Cefuroxim oder Cefotiam + Metronidazol Bei antibiotischer Vorbehandlung oder vorheriger permanenter Harnableitung: Ceftriaxon
An Harnwegen ohne Eröffnung des Darmsegments	Ampicillin/Sulbactam, Amoxicillin/Clavulansäure	Ciprofloxacin Cefuroxim oder Cefotiam nur bei Risikopatienten Bei antibiotischer Vorbehandlung oder vorheriger permanenter Harnableitung: Ceftriaxon
Endoskopisch-urologische Eingriffe einschließlich externe Steinertrümmerung	Ampicillin/Sulbactam, Amoxicillin/Clavulansäure	Ciprofloxacin Cefuroxim oder Cefotiam nur bei Risikopatienten Bei antibiotischer Vorbehandlung oder vorheriger permanenter Harnableitung: Ceftriaxon
Gynäkologische Eingriffe, Geburtshilfe		
Sectio	Cefazolin oder Cefuroxim oder Cefotiam	Ampicillin/Sulbactam, Amoxicillin/Clavulansäure Clindamycin + Ceftriaxon Keine Prophylaxe bei geplanten, unkomplizierten Eingriffen
Kürettage, Abort im zweiten Trimenon	Cefazolin oder Cefuroxim oder Cefotiam	Ampicillin/Sulbactam, Amoxicillin/Clavulansäure Keine Prophylaxe bei unkomplizierter Kürettage
Induzierter Abort im ersten Trimenon; anamnestisch Adnexitis	Doxycyclin	Cefazolin oder Cefuroxim oder Cefotiam
Abdominale oder vaginale Hysterektomie	Cefazolin oder Cefuroxim oder Cefotiam	Doxycyclin

Quelle: <http://www.p-e-g.de> und <http://www.infektionsnetz.at>.

Hüftarthoplastie zeigten sich ebenfalls deutliche Unterschiede im postoperativen Verlauf [41]. Nicht- oder schlecht eingestellte Diabetiker ($n=3.973$) hatten signifikant häufiger Harnwegsinfektionen (OR 1,97, 95%-CI=1,61–2,42, $p<0,001$), Wundinfektionen (OR 2,28, 95%-CI=1,36–3,81, $p<0,001$), einen verlängerten Krankenhausaufenthalt und eine erhöhte Letalität (OR 3,23, 95%-CI=1,87–5,57, $p<0,001$). Bei gut eingestellten Diabetikern ($n=105.485$) unterschied sich der Verlauf nicht im Vergleich zu nichtdiabetischen Patienten ($n=920.555$). Die Bedeutung einer guten Kontrolle der Glukosekonzentration im Blut ließ sich auch nach kolonchirurgischen Eingriffen nachweisen. In eine monozentrische retrospektive Studie wurden 149 diabetische Patienten aufgenommen, die sich zwischen 2001 und 2006 einer Kolonresektion unterzogen [42]. Postoperativ wiesen 24% der Patienten eine schlechte Einstellung der Blutzuckerwerte, definiert als mittlerer 48-h-Wert von mehr als 11 mmol/l (>200 mg/dl), auf. In dieser Gruppe traten signifikant häufiger Wundinfektionen auf (29,7 vs. 14,3%, $p=0,03$), und die Hyperglykämie war in der multivariaten logistischen Regressionsanalyse ein unabhängiger prognoseverschlechternder Faktor.

Die Wirkungen von ► **Insulin** beschränken sich nicht auf die Regulierung des Blutzuckers, sondern umfassen auch antiinflammatorische und antioxidierende Effekte. In verschiedenen Studien wurde daher untersucht, ob eine strenge Einstellung der Blutglukosekonzentration durch kontinuierliche Insulininfusion eine bessere Frührehabilitation operativer Patienten bewirkt. An einer viel beachteten Studie nahmen 1548 Patienten teil, die postoperativ auf einer operativen Intensivtherapiestation behandelt wurden, davon 63% nach kardiochirurgischen Eingriffen [43]. Die Patienten erhielten prospektiv randomisiert eine intensiviertere Insulintherapie [Zielgröße: Blutglukosekonzentration 4,4–6,1 mmol/l (80–110 mg/dl)] oder eine Standardtherapie [Zielgröße: Blutglukosekonzentration 10–11,1 mmol/l (180–200 mg/dl)]. Die Patientengruppe mit intensivierter Insulintherapie wies postoperativ signifikant weniger Septikämien auf (4,2 vs. 7,8%, $p<0,003$) und benötigte weniger häufig länger als 10 Tage Antibiotika. Die Letalität wurde von 8,0 auf 4,6% gesenkt ($p<0,04$), hauptsächlich infolge einer Reduktion von Multiorganversagen bei septischem Fokus.

Obwohl diese Daten auf die Bedeutung einer Hyperglykämie nach chirurgischen Eingriffen hinweisen, hat sich die strenge Einstellung des Blutzuckers in weiteren Untersuchungen nicht als nützlich erwiesen. In der NICE-Sugar-Studie [44] wurden prospektiv 6104 Patienten innerhalb von 24 h nach Aufnahme auf eine Intensivtherapiestation aufgenommen und randomisiert einer intensivierten Insulinbehandlung [$n=3054$ Patienten, Zielgröße: Blutglukosekonzentration 4,5–6,0 mmol/l

► Insulin

Tab. 7 Indikationen zur Antibiotikaprophylaxe in der Traumatologie

Indikationen	Keimsituation	Antibiotika
Stark verschmutzte Wunden und verspätete Wundversorgung	Clostridien (<i>Cave</i> : Gasbrandgefahr) Streptokokken	Penicillin G oder Penicillin V
Offene Frakturen, traumatische Eröffnung von Gelenken oder Körperhöhlen	Aerobe/anaerobe Mischflora Clostridien (<i>Cave</i> : Gasbrandgefahr)	Ampicillin/Sulbactam, Amoxicillin/Clavulansäure Cefoxitin Cefotaxim + Metronidazol Carbapenem (Imipenem/Cilastatin oder Meropenem)
Schuss- oder Stichverletzungen (Antibiotikaprophylaxe obligat)	Aerobe/anaerobe Mischflora	Ampicillin/Sulbactam, Amoxicillin/Clavulansäure Cefoxitin Cefotaxim + Metronidazol Carbapenem (Imipenem/Cilastatin oder Meropenem)
Tierbisse	<i>Pasteurella multocida</i> <i>Capnocytophaga</i> Streptokokken Anaerobier Staphylokokken	Penicillin G oder Penicillin V Ampicillin/Sulbactam, Amoxicillin/Clavulansäure Doxycyclin Carbapenem (Imipenem/Cilastatin oder Meropenem)

(81–108 mg/dl)] oder einer Standardtherapie [n=3050 Patienten, Zielgröße: Blutglucosekonzentration <10 mmol/l (<180 mg/dl)] zugeteilt. Die Ergebnisse dieser Studie ergaben, dass in der Stichprobe mit intensivierter Insulintherapie die 90-Tage-Letalität signifikant höher lag (27,5 vs. 24,9%, OR 1,14, 95%-CI 1,02–1,28, p=0,02) und häufiger schwere Hypoglykämien [Blutglucosekonzentration $\leq 2,2$ mmol/l (≤ 40 mg/dl)] auftraten. Die strenge Blutzuckerkontrolle hatte weder bei operativen noch bei konservativen Patienten Einfluss auf die Dauer der Beatmung, den Einsatz von Nierenersatzverfahren oder die Häufigkeit von positiven Blutkulturen. Auch wenn sich die Ergebnisse von Intensivpatienten nicht oder nur eingeschränkt auf die perioperative Situation übertragen lassen, wird eine strenge Einstellung der Blutglucosekonzentration nicht empfohlen. Es soll daran erinnert werden, dass die selbst kurze Episode einer Hypoglykämie $\leq 2,2$ mmol/l (≤ 40 mg/dl) zu schweren Komplikation wie neurokognitiver Beeinträchtigung, permanenter Hirnschädigung und epileptischen Krampfanfällen führen kann und die Letalität um den Faktor 2,6 erhöht [44]. Eine engmaschige Blutzuckerkontrolle ist unter den Bedingungen eines chirurgischen Eingriffs schwierig, zumal sich die hämodynamischen, metabolischen und endokrinologischen Rahmenbedingungen sehr schnell ändern können. Derzeit wird empfohlen, die Blutglucosekonzentration postoperativ im Bereich von 8,3–10 mmol/l (150–180 mg/dl) zu halten. Diese Grenzwerte scheinen auch im Hinblick auf die Vermeidung chirurgischer Wundkomplikationen eine vernünftige Grundlage zu haben und sollten durch entsprechende Protokolle in den jeweiligen Krankenhäusern umgesetzt werden.

Antibiotikaprophylaxe

Seit den 1970er Jahren ist der Nutzen einer kurz dauernden Antibiotikaabschirmung bei unterschiedlichen Operationen gut belegt [45]. Eine perioperative Antibiotikaprophylaxe ist angezeigt, wenn das Risiko einer intraoperativen Kontamination mit nachfolgender postoperativer Infektion durch systemischen Keimeintrag vorliegt. Die Indikation besteht grundsätzlich für die **Wundkategorie „bedingt kontaminiert/kontaminiert“** und wenn das Risiko einer Infektion zwar gering ist, bei ihrer Manifestation aber eine erhebliche Morbidität oder sogar Letalität droht (z. B. in der Neurochirurgie oder bei immunsupprimierten Patienten). Die Anlage von Gefäß-, Blasenkathe tern oder Wunddrainagen stellt dagegen keine Indikation zur Antibiotikaprophylaxe dar, ebenso nicht das Ziehen einer Drainage.

Aus anästhesiologischer und chirurgischer Sicht müssen für eine effektive perioperative Antibiotikaprophylaxe folgende Grundregeln beachtet werden. Die Applikation des Antibiotikums soll ca. 60 min (bei Vancomycin ca. 120 min) vor Beginn der operativen Handlungen erfolgen, um eine rechtzeitige Verteilung im Gewebe bzw. zum Ort einer potenziellen Infektion zu gewährleisten [46]. Die Antibiotikagabe erst nach Wundverschluss hat keine nachweisbare Wirkung mehr und ist

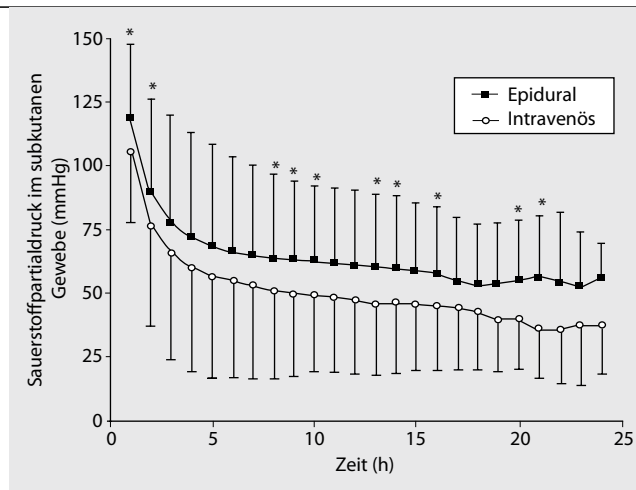
Postoperative Blutglucosekonzentrationen zwischen 8,3 und 10 mmol/l werden empfohlen

► Wundkategorie „bedingt kontaminiert/kontaminiert“

Die Anlage von Gefäß-, Blasenkathe tern oder Wunddrainagen stellt keine Indikation zur Antibiotikaprophylaxe dar

Die Applikation des Antibiotikums soll ca. 60 min (bei Vancomycin ca. 120 min) vor Beginn der operativen Handlungen erfolgen

Abb. 4 ► Einfluss der postoperativen Schmerztherapie auf den Sauerstoffpartialdruck im subkutanen Gewebe [48]



als Prophylaxe ungeeignet. Ebenso ist eine unkritische Antibiotikaprophylaxe oder generelle Verabreichung von Antibiotika bei aseptischen Operationen abzulehnen, da sie zur Selektion resistenter Keime und einem ungünstigen Nutzen-Risiko-Verhältnis führt.

Die Auswahlkriterien eines geeigneten Antibiotikums sind die Art und Dauer des chirurgischen Eingriffs, die zu erwartenden Erreger, Resistenzbildung, Pharmakokinetik und -dynamik (Halbwertszeit, Gewebekonzentration), Toxizität, die Ergebnisse prospektiv randomisierter klinischer Studien und die klinische Erfahrung (► **Tab. 6, 7**). Nicht zuletzt darf ein Antibiotikum nicht teuer sein; ca. 30% aller im Krankenhaus verwendeten Antibiotika werden für die Prophylaxe gebraucht. Entscheidend ist, dass das Antibiotikum nicht das gesamte Keimspektrum, sondern nur die für eine Infektion infrage kommenden Keime abdeckt und sich an der lokalen ► **Resistenzlage des Krankenhauses** orientiert. Nach wie vor erfüllen Cephalosporine der zweiten Generation (Basis- oder Intermediärcephalosporine) diese Anforderungen. Alternativ kommen auch Aminopenicilline (in Kombination mit β -Lactamase-Hemmern) in Betracht. Bei Operationen in einem Gebiet mit anaerober Mischbesiedelung empfiehlt sich die Kombination mit einem Anaerobiermittel (z. B. Metronidazol).

Die perioperative Antibiotikaprophylaxe ist mit einem Risiko behaftet, das in erster Linie durch ► **allergische Reaktionen** bedingt wird. Die Gefährdung durch eine Kurzzeitprophylaxe wird allerdings oft überschätzt und steht in keinem Verhältnis zu dem Schaden, den die Unterlassung einer indizierten perioperativen Prophylaxe zur Folge hat. Während ältere Studien eine Penizillinallergie bei 5–20% der Patienten ermittelten, liegen nach aktuellen Untersuchungen die Prävalenzen deutlich niedriger. Nur etwa 10–20% der Patienten mit selbst berichteter Penizillinallergie waren in der nachfolgenden Hauttestung tatsächlich positiv [47]. Auch die Kreuzallergierate von 8% ließ sich in neueren Studien mit modernen synthetischen Antibiotika nicht bestätigen, sodass die Anwendung von Cephalosporinen bei Penizillinallergie relativ sicher ist [47]. Der Nachweis einer positiven Reaktion im Hauttest gilt selbstverständlich als absolute Kontraindikation. Alternativen sind in diesen Fällen Aminoglykoside, Tetracycline, Makrolide, Clindamycin, Chloramphenicol, Metronidazol, Vancomycin, Linezolid, Daptomycin, Tigecyclin, Chinolone, Nitrofurantoin und Monobactame.

Die Antibiotikaprophylaxe soll grundsätzlich so kurz wie möglich durchgeführt werden. Bei einer Operationsdauer von mehr als 3–5 h oder bei intraoperativen Blutverlusten >1 l ist ggf. eine Wiederholungsdosis indiziert. Generell sollte eine weitere Dosis verabreicht werden, wenn die Operation länger als das 2,5-Fache der Halbwertszeit des verwendeten Antibiotikums dauert.

Anästhesieverfahren

Postoperative Schmerzen können den pO_2 im subkutanen Gewebe durch eine Vasokonstriktion vermindern und begünstigen die Bildung von Mediatoren, die die immunologischen Prozesse im Wundgebiet negativ beeinflussen. Eine weit verbreitete Methode der postoperativen Schmerztherapie ist die Anlage eines ► **thorakalen Epiduralkatheters** (TEA). Die TEA führt bei größeren abdominalchirurgischen Eingriffen zu einer Verbesserung von Sauerstoffbilanz, hämodynamischen, metabolischen und endokrinen Variablen [48]. An einer prospektiven randomisierten klinischen Studie nahmen 32 Patienten teil, die postoperativ eine patientenkontrollierte TEA oder „patient-controlled intravenous analgesia“ (PCIA) zur Schmerztherapie erhielten (TEA-Gruppe: n=16; PCIA-Grup-

► Resistenzlage des Krankenhauses

► Allergische Reaktionen

Der Nachweis einer positiven Reaktion im Hauttest gilt als absolute Kontraindikation

Die Antibiotikaprophylaxe wird so kurz wie möglich durchgeführt

► Thorakaler Epiduralkatheter

pe: $n=16$; [49]). Obwohl die Patienten der TEA-Gruppe am Ende der Operation eine mäßig niedrigere Körpertemperatur aufwiesen ($35,7\pm 0,3$ vs. $36,3\pm 0,5^\circ\text{C}$) war der pO_2 im subkutanen Gewebe in den ersten postoperativen 24 h signifikant höher im Vergleich zur PCIA-Gruppe ($64,4\pm 14$ vs. $50,7\pm 15$ mmHg, $p=0,002$; **Abb. 4**). Ob durch rückenmarknahe Regionalanästhesieverfahren die Wundheilung günstig beeinflusst werden kann, ist jedoch noch nicht durch große klinische Studien belegt worden.

Stickoxydul (N_2O) inaktiviert Vitamin B_{12} , die Methioninsynthese, die DNA-Synthese und die Zellproliferation, verändert die chemotaktische Monozytenmigration und könnte insbesondere bei längeren Allgemeinanästhesien einen Einfluss auf die postoperative Wundheilung haben. Fleischmann et al. [50] nahmen 418 Patienten mit kolorektaler Operation (Dauer >2 h) in eine prospektive randomisierte Studie auf, die bei einer Allgemeinanästhesie mit Isofluran und Remifentanyl entweder 65%iges N_2O oder 65%iges N_2 erhielten ($n=208$ resp. $n=206$; [50]). Die Infektionsrate betrug 15% (31 von 206 Patienten) in der N_2 -Gruppe und 20% (40 von 202 Patienten) in der N_2O -Gruppe ($p=0,205$). ASEPSIS-Wundheilungsscore, Kollagenbildung, Zahl der Patienten auf der Intensivtherapiestation, Krankenhausverweildauer und Letalität waren zwischen den Gruppen nicht verschieden. Diese Ergebnisse konnten in einer weiteren prospektiv randomisierten, doppelt verblindeten Studie nicht vollständig bestätigt werden. Myles et al. [51] untersuchten 2050 abdominalchirurgische Patienten, die intraoperativ 35%iges O_2 und 65%iges N_2O ($n=1015$) oder 80%iges O_2 und 20%ige Luft ($n=997$) erhielten. In der lachgasfreien Gruppe traten signifikant weniger größere Komplikationen (OR 0,71, 95%-CI 0,56–0,89, $p=0,003$) und weniger Wundinfektionen auf (7,7 vs. 10%, $p<0,036$), was allerdings nicht zur Verkürzung der Krankenhausverweildauer führte. Ob daher durch den Verzicht auf N_2O Wundinfektionen vermieden werden können, ist derzeit noch unklar. In Deutschland erfolgt der Einsatz von Lachgas zunehmend weniger, weil verschiedene unerwünschte Wirkungen wie z. B. Übelkeit und Erbrechen signifikant häufiger auftreten.

Die Infiltration von chirurgischen Wunden mit Lokalanästhetika war zu Beginn des 20. Jh.s eine weit verbreitete und bevorzugte Methode der Schmerztherapie. In jüngerer Zeit hat das Interesse an der Lokalanästhesie im Wundbereich wieder zugenommen, da es sich um technisch einfach durchzuführende und kostengünstige Verfahren handelt, die z. B. durch intraoperativ angelegte Katheter oder Lokalanästhetika mit protrahierter Freisetzung auch über längere Zeit zur Schmerztherapie genutzt werden können. Daraus ergibt sich die Frage, ob die Lokalanästhesie Einfluss auf die Wundheilung nehmen kann.

Fredman et al. [52] führten eine prospektive, randomisierte, placebokontrollierte Studie an 50 Patientinnen mit Sectio caesarea durch. Der Eingriff erfolgte in allen Fällen in Spinalanästhesie; intraoperativ wurde ein 20-G-Epiduralkatheter oberhalb der Bauchfaszie gelegt und an eine elastometrische Pumpe angeschlossen. Die Patientinnen erhielten postoperativ intravenös Morphin bis zu einem Wert ≤ 3 in der visuellen Analogskala (VAS) und randomisiert verblindet entweder 0,2%iges Ropivacain oder steriles Wasser (H_2O) für 24 h über den Katheter. Im Wundgebiet der Ropivacaingruppe wurde lediglich eine leichte Rötung dokumentiert; bei 3 Patientinnen in jeder Gruppe ließ sich *Staphylococcus epidermidis* von der Katheterspitze isolieren.

Bei 42 Patienten mit kolorektalen Operationen wurden prospektiv randomisiert intraoperativ durch den Chirurgen ein Katheter in die präperitoneale Region platziert und postoperativ über 48 h mit 10 ml/h 0,2%iger Ropivacain- oder 10 ml/h 0,9%iger NaCl-Lösung beschickt ($n=21$ resp. $n=21$; [53]). Die lokale Applikation von 0,2%igem Ropivacain führte zu einer verbesserten Frührehabilitation und verkürztem Krankenhausaufenthalt (115 ± 25 vs. 147 ± 53 h, $p=0,02$). Über postoperative Wundheilungsstörungen oder Infektionen wurde nicht berichtet.

Experimentelle Studien zeigen ein uneinheitliches Bild zu den Effekten der Infiltration des Wundgebiets mit Lokalanästhetika, die von minimalen morphologischen Veränderungen bis zu signifikanten Störungen des Metabolismus, der Proteinsekretion, Matrixbildung und zellulären Ultrastruktur reichen [54].

Die zugrunde liegenden Mechanismen sind noch unvollständig untersucht. Wahrscheinlich wird die intrazelluläre Ca^{2+} -Homöostase durch die Lokalanästhetika verändert, während die Blockade von Na^+ -Kanälen in nichterregbaren Fibroblasten (im Gegensatz zur neuronalen Signalkonduktion) eine untergeordnete Rolle spielt [55]. In einer experimentellen Studie führten Lidocain oder Bupivacain in klinisch relevanten Dosierungen zu Veränderungen der Expression inflammatorischer und proteolytischer Mediatoren, jedoch nicht zu einer Beeinträchtigung der Wundheilung, der Größe des Wundareals oder der Reepithelialisierung [56].

Zusammengefasst zeigen die meisten klinischen Studien eine effektive Schmerztherapie, bessere Rehabilitation und einen verkürzten Krankenhausaufenthalt bei Applikation von Lokalanästhetika in das Wundgebiet. Ob die Rate an postoperativen Wundinfektionen beeinflusst wird, ist derzeit noch offen, da die klinischen Endpunkte sehr unterschiedlich definiert und subjektive Kriterien der Wundheilung herangezogen wurden. Zur Nutzen-Risiko-Abwägung dieser Verfahren wären große randomisierte klinische Studien notwendig, die anhand klar definierter Kriterien die Häufigkeit und das Ausmaß von Wundinfektionen bei verschiedenen Operationen untersuchen.

Fazit für die Praxis

Postoperative Wundinfektionen sind eine bedeutsame nosokomiale Infektionsart in deutschen Akutkrankenhäusern und führen zu gesteigerter Morbidität sowie Letalität, verlängertem Krankenhausaufenthalt und höheren Behandlungskosten. Wichtige Risikofaktoren sind der mikrobiologische Befund im Bereich der Hautinzision, der schlecht oder nichteingestellte Diabetes mellitus, Rauchen und die nichtfristgerechte Antibiotikaphylaxe. Anästhesiologische Maßnahmen zur Vermeidung von Wundinfektionen umfassen die Aufrechterhaltung von Normothermie, eine adäquate Infusionstherapie, strenge Indikationsstellung für allogene Bluttransfusionen und die rechtzeitige Antibiotikaphylaxe. Die Blutglucosekonzentration sollte postoperativ im Bereich von 8,3–10 mmol/l (150–180 mg/dl) gehalten werden; niedrigere Werte sind mit einer erhöhten Komplikationsrate assoziiert. Dagegen hat sich die perioperative Hyperoxie mit 80%igem O₂ nicht als wirksam zur Prävention von Wundinfektionen erwiesen. Die Applikation von Lokalanästhetika in das Wundgebiet in klinisch relevanten Dosierungen beeinträchtigt die Wundheilung nicht und kann eine sinnvolle postoperative Schmerztherapie darstellen.

Korrespondenzadresse

Prof. Dr. Dr. T. Hachenberg

Klinik für Anaesthesiologie und Intensivtherapie, Universitätsklinikum A.ö.R., Otto-von-Guericke-Universität
Leipziger Straße 44, 39120 Magdeburg
Thomas.Hachenberg@med.ovgu.de

Interessenkonflikt. Der korrespondierende Autor gibt an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Literatur

- Lister J (1867) On the antiseptic principle of the practice of surgery. *Lancet* 90:353–356
- Engelke K, Oldhafer KJ (2010) Prävention postoperativer Wundinfektionen. *Chirurg* 81:577–585
- Gastmeier P, Brandt C, Sohr D et al (2004) Postoperative Wundinfektionen nach stationären und ambulanten Operationen. Ergebnisse aus dem Krankenhaus-Infektions-Surveillance-System (KISS). *Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitschutz* 47:339–344
- Haley RW, Culver DH, White JW et al (1985) The efficacy of infection surveillance and control programs in preventing nosocomial infections in US hospitals. *Am J Epidemiol* 121:182–205
- Jannasch O, Tautenhahn J, Dalicho S, Lippert H (2007) Die schwierige Wunde. *Ther Umsch* 64:485–494
- Horan TC, Gaynes RP, Martone WJ et al (1992) CDC definitions of nosocomial surgical site infections, 1992: a modification of CDC definitions of surgical wound infections. *Infect Control Hosp Epidemiol* 13:606–608
- Culver DH, Horan TC, Gaynes RP et al (1991) Surgical wound infection rates by wound class, operative procedure, and patient risk index. National nosocomial infections surveillance system. *Am J Med* 91:1525–1575
- Lizan-Garcia M, Garcia-Caballero J, Asensio-Vegas A (1997) Risk factors for surgical-wound infection in general surgery: a prospective study. *Infect Control Hosp Epidemiol* 18:310–315
- Sorensen LT, Hemmingsen U, Kallehave F et al (2005) Risk factors for tissue and wound complications in gastrointestinal surgery. *Ann Surg* 241:654–658
- Beattie WS, Karkouti K, Wijesundara DN, Tait G (2009) Risk associated with preoperative anemia in noncardiac surgery: a single-center cohort study. *Anesthesiology* 110:574–581
- Johnston P, Wynn-Jones H, Chakravarty D et al (2006) Is perioperative blood transfusion a risk factor for mortality or infection after hip fracture? *J Orthop Trauma* 20:675–679
- Shander A, Spence RK, Adams D et al (2009) Timing and incidence of postoperative infections associated with blood transfusion: analysis of 1,489 orthopedic and cardiac surgery patients. *Surg Infect (Larchmt)* 10:277–283
- Ali ZA, Lim E, Motaleb-Zadeh R et al (2004) Allogenic blood transfusion does not predispose to infection after cardiac surgery. *Ann Thorac Surg* 78:1542–1546
- Weber WP, Zwahlen M, Reck S et al (2009) The association of preoperative anemia and perioperative allogeneic blood transfusion with the risk of surgical site infection. *Transfusion* 49:1964–1970
- Jensen LS, Kissmeyer-Nielsen P, Wolff B, Qvist N (1996) Randomised comparison of leucocyte-depleted versus buffy-coat-poor blood transfusion and complications after colorectal surgery. *Lancet* 348:841–845

16. Heim MU (2009) Die neuen Querschnitts-Leitlinien der Bundesärztekammer – Evidenz-basierte Empfehlungen für die Risiko-Nutzen-Abwägung bei der Hämotherapie. *Anästhesiologie Intensivmedizin Notfallmedizin Schmerztherapie* 44:186–197; quiz 199
17. Jonsson K, Jensen JA, Goodson WH 3rd et al (1987) Assessment of perfusion in postoperative patients using tissue oxygen measurements. *Br J Surg* 74:263–267
18. Hopf HW, Hunt TK, West JM et al (1997) Wound tissue oxygen tension predicts the risk of wound infection in surgical patients. *Arch Surg* 132:997–1004
19. Greif R, Akca O, Horn EP et al (2000) Supplemental perioperative oxygen to reduce the incidence of surgical-wound infection. *Outcomes Research Group. N Engl J Med* 342:161–167
20. Belda FJ, Aguilera L, Garcia de la Asuncion J et al (2005) Supplemental perioperative oxygen and the risk of surgical wound infection: a randomized controlled trial. *JAMA* 294:2035–2042
21. Pryor KO, Fahey TJ 3rd, Lien CA, Goldstein PA (2004) Surgical site infection and the routine use of perioperative hyperoxia in a general surgical population: a randomized controlled trial. *JAMA* 291:79–87
22. Mauermann WJ, Nemergut EC (2006) The anesthesiologist's role in the prevention of surgical site infections. *Anesthesiology* 105:413–421
23. Meyhoff CS, Wetterslev J, Jorgensen LN et al (2009) Effect of high perioperative oxygen fraction on surgical site infection and pulmonary complications after abdominal surgery: the PROXI randomized clinical trial. *JAMA* 302:1543–1550
24. Klein DS, Wilds PR (1983) Pulmonary toxicity of antineoplastic agents: anaesthetic and postoperative implications. *Can Anaesth Soc J* 30:399–405
25. Sorensen LT, Hemmingsen UB, Kirkeby LT et al (2005) Smoking is a risk factor for incisional hernia. *Arch Surg* 140:119–123
26. Jensen JA, Goodson WH, Hopf HW, Hunt TK (1991) Cigarette smoking decreases tissue oxygen. *Arch Surg* 126:1131–1134
27. Zwissler B, Reither A (2005) Das präoperative „Rauchverbot“. Ein überholtes Dogma in der Anästhesie? *Anaesthesist* 54:550–559
28. Brandstrup B, Tonnesen H, Beier-Holgersen R et al (2003) Effects of intravenous fluid restriction on postoperative complications: comparison of two perioperative fluid regimens: a randomized assessor-blinded multicenter trial. *Ann Surg* 238:641–648
29. Arkilic CF, Taguchi A, Sharma N et al (2003) Supplemental perioperative fluid administration increases tissue oxygen pressure. *Surgery* 133:49–55
30. Kabon B, Akca O, Taguchi A et al (2005) Supplemental intravenous crystalloid administration does not reduce the risk of surgical wound infection. *Anesth Analg* 101:1546–1553
31. Boldt J, Ducke M, Kümle B et al (2004) Influence of different volume replacement strategies on inflammation and endothelial activation in the elderly undergoing major abdominal surgery. *Intensive Care Med* 30:416–422
32. Chappell D, Jacob M, Hofmann-Kiefer K et al (2008) A rational approach to perioperative fluid management. *Anesthesiology* 109:723–740
33. Reynolds L, Beckmann J, Kurz A (2008) Perioperative complications of hypothermia. *Best Pract Res Clin Anaesthesiol* 22:645–657
34. Kurz A, Sessler DI, Lenhardt R (1996) Perioperative normothermia to reduce the incidence of surgical-wound infection and shorten hospitalization. *Study of Wound Infection and Temperature Group. N Engl J Med* 334:1209–1215
35. Flores-Maldonado A, Medina-Escobedo CE, Rios-Rodriguez HM, Fernandez-Dominguez R (2001) Mild perioperative hypothermia and the risk of wound infection. *Arch Med Res* 32:227–231
36. Barone JE, Tucker JB, Cecere J et al (1999) Hypothermia does not result in more complications after colon surgery. *Am Surg* 65:356–359
37. Walz JM, Paterson CA, Seligowski JM, Heard SO (2006) Surgical site infection following bowel surgery: a retrospective analysis of 1446 patients. *Arch Surg* 141:1014–1018
38. Munn MB, Rouse DJ, Owen J (1998) Intraoperative hypothermia and post-cesarean wound infection. *Obstet Gynecol* 91:582–584
39. Kurz A (2008) Thermal care in the perioperative period. *Best Pract Res Clin Anaesthesiol* 22:39–62
40. Halkos ME, Puskas JD, Lattouf OM et al (2008) Elevated preoperative hemoglobin A1c level is predictive of adverse events after coronary artery bypass surgery. *J Thorac Cardiovasc Surg* 136:631–640
41. Marchant MH Jr, Viens NA, Cook C et al (2009) The impact of glycemic control and diabetes mellitus on perioperative outcomes after total joint arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am* 91:1621–1629
42. McConnell YJ, Johnson PM, Porter GA (2009) Surgical site infections following colorectal surgery in patients with diabetes: association with postoperative hyperglycemia. *J Gastrointest Surg* 13:508–515
43. Van den Berghe G (2004) How does blood glucose control with insulin save lives in intensive care? *J Clin Invest* 114:1187–1195
44. Finfer S, Chittock DR, Su SY et al (2009) Intensive versus conventional glucose control in critically ill patients. *N Engl J Med* 360:1283–1297
45. Zimmerli W (1998) Antibiotikatherapie in der Chirurgie. *Chirurg* 69:1392–1398
46. Classen DC, Evans RS, Pestotnik SL et al (1992) The timing of prophylactic administration of antibiotics and the risk of surgical-wound infection. *N Engl J Med* 326:281–286
47. Daulton S, Solensky R, Earl HS et al (2004) Safety of cephalosporin administration to patients with histories of penicillin allergy. *J Allergy Clin Immunol* 113:1220–1222
48. Heinrichs W, Weiler N (1993) Beeinflussung des Sauerstoffverbrauchs nach großen abdominalen Eingriffen durch Epiduralanästhesie. *Anaesthesist* 42:612–618
49. Buggy DJ, Doherty WL, Hart EM, Pallett EJ (2002) Postoperative wound oxygen tension with epidural or intravenous analgesia: a prospective, randomized, single-blind clinical trial. *Anesthesiology* 97:952–958
50. Fleischmann E, Lenhardt R, Kurz A et al (2005) Nitrous oxide and risk of surgical wound infection: a randomized trial. *Lancet* 366:1101–1107
51. Myles PS, Leslie K, Chan MT et al (2007) Avoidance of nitrous oxide for patients undergoing major surgery: a randomized controlled trial. *Anesthesiology* 107:221–231
52. Fredman B, Shapiro A, Zohar E et al (2000) The analgesic efficacy of patient-controlled ropivacaine instillation after Cesarean delivery. *Anesth Analg* 91:1436–1440
53. Beaussier M, El'Ayoubi H, Schiffer E et al (2007) Continuous preperitoneal infusion of ropivacaine provides effective analgesia and accelerates recovery after colorectal surgery: a randomized, double-blind, placebo-controlled study. *Anesthesiology* 107:461–468
54. Brower MC, Johnson ME (2003) Adverse effects of local anesthetic infiltration on wound healing. *Reg Anesth Pain Med* 28:233–240
55. Johnson ME, Saenz JA, DaSilva AD et al (2002) Effect of local anesthetic on neuronal cytoplasmic calcium and plasma membrane lysis (necrosis) in a cell culture model. *Anesthesiology* 97:1466–1476
56. Waite A, Gilliver SC, Masterson GR et al (2010) Clinically relevant doses of lidocaine and bupivacaine do not impair cutaneous wound healing in mice. *Br J Anaesth* 104:768–773

CME-Fragebogen

kostenfreie Teilnahme für Abonnenten

Bitte beachten Sie:

- Antwortmöglichkeit nur online unter: CME.springer.de
- Die Frage-Antwort-Kombinationen werden online individuell zusammengestellt.
- Es ist immer nur eine Antwort möglich.

Welcher der folgenden Erreger ist der häufigste Erreger bei postoperativen Wundinfektionen in der Abdominalchirurgie?

- Staphylococcus aureus
- Enterococcus-Spezies
- Pseudomonas aeruginosa
- Escherichia coli
- Klebsiella-Spezies

Welche der folgenden Aussagen zur Beeinflussung der postoperativen Wundinfektionsrate durch Rauchen trifft am ehesten zu?

- Regelmäßiges Rauchen steigert das postoperative Wundinfektionsrisiko nicht wesentlich.
- Eine präoperative Rauchkarenz von 24 h kann die Carboxyhämoglobin- (CO-Hb-) Konzentration erniedrigen.
- Eine präoperative Rauchkarenz von 24 h bewirkt eine Linksverschiebung der Oxyhämoglobindissoziationskurve.
- Rauchen steigert den Gewebesauerstoffpartialdruck (Gewebe- pO_2).
- Das Auftreten von Wundinfektionen wird durch eine 24-stündige präoperative Rauchkarenz signifikant vermindert.

Welche Aussage zu den Effekten einer Hypothermie trifft am wenigsten zu?

- Die Aufrechterhaltung einer perioperativen Normothermie gilt als eine wesentliche Maßnahme zur Vermeidung postoperativer Wundinfektionen.
- Eine Hypothermie induziert eine Vasokonstriktion.
- Hypothermie führt zu einer Abnahme des subkutanen pO_2 .
- Die Thrombozytenfunktion wird durch eine Hypothermie nicht beeinträchtigt.
- Die Funktion von neutrophilen Leukozyten und Makrophagen sowie der T-Zell-vermittelten Antikörperproduktion sind bei einer Hypothermie gestört.

In welchem Bereich sollte die postoperative Blutglucosekonzentration zur Vermeidung postoperativer Wundinfektionen am ehesten gehalten werden?

- 4,0–7 mmol/l (72–126 mg/dl)
- 5,0–8 mmol/l (90–144 mg/dl)
- 8,3–10 mmol/l (150–180 mg/dl)
- 9,0–12,2 mmol/l (162–220 mg/dl)
- 7,0–12 mmol/l (126–216 mg/dl)

Welche Aussage zur perioperativen Antibiotikagabe trifft am ehesten zu?

- Auch bei aseptischen Operationen sollte unbedingt eine Antibiotikaphylaxe durchgeführt werden.
- Der Zeitpunkt der prophylaktischen Antibiotikagabe hat keinen Einfluss auf den postoperativen Verlauf.
- Das lokale Keimspektrum und die lokale Resistenzlage eines Krankenhauses haben keinen Einfluss auf die Auswahl des Antibiotikums.
- Der Zeitpunkt einer eventuellen zweiten Dosis hängt u. a. von der Operationsdauer ab.
- Bei Blutverlusten <1 l ist eine Wiederholungs-dosis des Antibiotikums indiziert.

Welche Aussage zu den Effekten der perioperativen Analgesie bzw. Anästhesie auf die Wundheilung trifft am ehesten zu?

- Rückenmarknahe Regionalanästhesieverfahren reduzieren die postoperative Wundinfektionsrate signifikant.
- Die Applikation von Lokalanästhetika ins Wundgebiet hat keinen Einfluss auf die Rehabilitation.
- Der Verwendung von Distickstoffmonoxid (N_2O) ist eine effektive Maßnahme zur Verhinderung von Wundinfektionen.
- Postoperative Schmerzen können den pO_2 im subkutanen Gewebe durch eine Vasokonstriktion vermindern.

- Die Reduktion postoperativer Wundinfektionen durch die lokale Infiltration im Wundgebiet ist gesichert.

Welche Aussage zu allergischen Reaktionen nach Gabe eines Antibiotikums trifft am ehesten zu?

- Das Risiko allergischer Reaktionen auf Antibiotika kann vernachlässigt werden.
- Der Nachweis einer positiven Reaktion auf Penizillin im Hauttest gilt als absolute Kontraindikation für die Penizillingabe.
- Bei anamnestisch bekannter Penizillinallergie muss in jedem Fall auf Cephalosporine verzichtet werden.
- Nach aktuellen Daten besteht bei mehr als 30% aller Patienten eine nachweisbare Penizillinallergie.
- Ca. 50% der Patienten mit einer selbst berichteten Penizillinallergie zeigen eine positive Reaktion in der nachfolgenden Hauttestung.

Welche der folgenden Aussagen zum Einfluss eines Diabetes mellitus und von Insulin auf die Wundheilung trifft am ehesten zu?

- Die Wirkungen von Insulin beschränken sich auf die Regulierung des Blutzuckers.
- Die Produktion des endothelialen Stickstoffmonoxids (NO) ist bei Patienten mit einem Diabetes mellitus erhöht.



- Bei Patienten mit einem Diabetes mellitus werden weniger reaktive Sauerstoffradikale („reactive oxygen species“, ROS) als bei nichtdiabetischen Patienten freigesetzt.
- Insulin hat antiinflammatorische Effekte.
- Studienergebnisse weisen darauf hin, dass auch bei gut eingestellten Diabetikern mit einer erhöhten Wundinfektionsrate gerechnet werden muss.
- In Bezug auf Wundinfektionsraten sind Bluttransfusionen auf jeden Fall zu vermeiden.
- Das Flüssigkeitsmanagement sollte zielorientiert durchgeführt werden.

Diese Fortbildungseinheit ist 12 Monate auf CME.springer.de verfügbar. Den genauen Einsendeschluss erfahren Sie unter CME.springer.de

Welcher der folgenden Faktoren gilt am wenigsten als Risikofaktor für postoperative Infektionen?

- Malignom.
- Ein präoperativer stationärer Aufenthalt.
- Ein präoperativer Aufenthalt auf der Intensivstation.
- Zunehmende Dauer einer Operation.
- American Society of Anesthesiologists (ASA) Score <3.

Wie sollte man das Flüssigkeitsmanagement am ehesten einstellen, damit das Risiko von postoperativen Wundinfektionen abnimmt?

- So restriktiv wie möglich, damit die Perfusion im Wundgebiet verbessert wird.
- So liberal wie möglich, weil ein erhöhtes interstitielles Flüssigkeitskompartiment die Entstehung von Infektionen reduziert.
- In Bezug auf Wundinfektionsraten sind kristalloide eindeutig den kolloidalen Infusionslösungen vorzuziehen.

Hier steht eine Anzeige.

