

# Prävention Gefäßkatheter-assoziiierter Infektionen

## Empfehlung der Kommission für Krankenhaushygiene und Infektionsprävention beim Robert Koch-Institut (RKI)

Dieser Text ersetzt nach Veröffentlichung im Bundesgesundheitsblatt im November 2002 die entsprechende Teilanlage zu Ziffer 5.1 der Richtlinie für Krankenhaushygiene und Infektionsprävention, veröffentlicht im Bundesgesundheitsblatt 28 (1985); S 185–190 (Anforderungen der Krankenhaushygiene bei Infusionstherapie und Katheterisierung von Gefäßen).

### 1 Periphere Venenverweilkanülen

#### 1.1 Hintergrund

Die nachfolgenden Ausführungen beziehen sich auf Kunststoffverweilkanülen.

Als Komplikationen bei der Verwendung peripherer Venenverweilkanülen können Obstruktionen der Kanüle Phlebitiden, Weichteilinfektionen sowie Sepsiskämien auftreten. Das Risiko einer durch Rötung, Schwellung und Schmerz an der Eintrittsstelle gekennzeichneten Phlebitis beträgt ca. 30% bei 5-tägiger und ca. 50% bei 10-tägiger Liegedauer [1]. Ursächlich für die Entstehung einer Phlebitis sind in erster Linie physikochemische Faktoren (mechanische Irritation, Infusatzusammensetzung), während eine bakterielle Kolonisation des Kathetermaterials zum Zeitpunkt der Entfernung von Venenkanülen nur in ca. 5–7% aller Anwendungen nachgewiesen wird [1, 2, 3]. Sepsiskämien im Zusammenhang mit peripheren Venenverweilkanülen treten noch seltener auf (0–2% aller Anwendungen) [2, 4, 5]. Aufgrund der geringen Inzidenz von Infektionsereignissen gelang es nur in wenigen klinischen Studien, einen infektionsprophylaktischen Effekt einzelner hygienischer Interventionsmaßnahmen statistisch zu belegen. Bei den nachfolgenden Empfehlungen handelt es sich daher überwiegend um Empfehlungen aufgrund eines Expertenkonsensus (Kategorie IB) oder aufgrund von In-vitro-

Daten oder hinweisenden klinischen Ergebnissen (Kategorie II).

#### 1.2 Personalschulung, spezielles Katheterteam

Die Anlage und Pflege von Venenverweilkanülen durch speziell geschulte Katheterteams geht mit einer signifikanten Reduktion von Phlebitiden und Infektionsereignissen einher [6, 7, 8, 9]. In Analogie zu den Daten für zentralvenöse Katheter (s. dort) kann auch von einem infektionsprophylaktischen Effekt entsprechender Personalschulungen ausgegangen werden [10].

- Empfohlen werden regelmäßige Personalschulungen auf der Basis eines Hygieneplans zur Insertion und Pflege peripherer Venenverweilkanülen bzw. eines entsprechend ausführlichen Pflegestandards (Kategorie IB).

#### 1.3 Kathetermaterial

Periphere Verweilkanülen aus Polytetrafluorethylen (PTFE) bzw. Tetrafluorethylen-Hexafluorpropylen-Kopolymeren (FEP)<sup>1</sup> oder Polyurethan haben im Vergleich mit solchen aus Polyvinylchlorid oder Polyethylen eine deutlich gerin-

gere Phlebitisrate und sind seltener mit Sepsiskämien assoziiert [11, 12, 13]. Vergleiche zwischen PTFE und Polyurethan fielen variabel aus, diese beiden Materialien sind somit vermutlich gleichwertig [3, 16].

- Verweilkanülen aus PTFE oder Polyurethan sollen gegenüber solchen aus PVC oder Polyethylen bevorzugt werden (Kategorie IB).

#### 1.4 Auswahl der Insertionsstelle

**Erwachsene.** Die Phlebitishäufigkeit ist bei Anlage am Unterarm deutlich höher als bei Anlage am Handrücken [1, 3], dafür kommt es bei letztgenannter Positionierung signifikant häufiger zur Obstruktion der Kanüle [1]. Das Infektionsrisiko (positive Katheterkultur nach Entfernung) ist bei beiden Insertionsstellen gleich [1, 3]. Ausreichende Daten zur Komplikationsrate bei Anlage an anderen Körperstellen existieren nicht [17]. Überträgt man die Daten von zentralen Venenkathetern auf periphere Kanülen, so sprechen diese gegen eine Anlage an der unteren Körperhälfte [14, 18, 19].

**Kleinkinder.** Infektoreignisse bei peripheren Venenverweilkanülen sind extrem selten. Aufgrund von Kolonisationsstudien wird die Platzierung an der

<sup>1</sup> Beide Materialien werden unter der gleichen Handelsmarke (Teflon<sup>®</sup>) vertrieben.

## Empfehlungen

Kopfhaut, an der Hand oder am Fuß empfohlen [20].

- Periphere Venenverweilkanülen sollen bei Erwachsenen am Handrücken oder am Unterarm angelegt werden. Die Insertion an der unteren Extremität, am Oberarm oder in der Ellenbeuge soll vermieden werden (Kategorie IB).
- Bei Kleinkindern sollen periphere Verweilkanülen an der Kopfhaut, an der Hand oder am Fuß angelegt werden (Kategorie II).

### 1.5 Legen der Venenverweilkanüle

- Hygienische Händedesinfektion (Kategorie IA).
- Desinfektion der Einstichstelle mit Hautdesinfektionsmittel unter Beachtung der Einwirkzeit (Kategorie IB).
- Anlegen von Einmalhandschuhen zum Personalschutz vor Blut-assoziierten Erregern (Kategorie IV [UVV Gesundheitsdienst]).
- Einstichstelle vor Venenpunktion nicht mehr palpieren (Kategorie IB).
- Abdeckung des Areals um die Einstichstelle nicht erforderlich (Kategorie IB).
- Venenpunktion.

### 1.6 Verband

Unsterile Pflasterstreifen sind nach Anbruch im Klinikmilieu meist stark bakteriell kontaminiert und sollten daher nicht einstichnah zur Fixierung verwendet werden [21, 22]. Zwischen undurchsichtigen sterilen Gazeverbänden und Transparentverbänden konnten keine Unterschiede im Hinblick auf Phlebitis- und Infektionsrate dokumentiert werden [23]. Die niedrigere Dislokations-tendenz der Kanülen, der bessere optische Zustand der Verbände und die optische Beurteilbarkeit der Insertionsstelle stellen Argumente für die Verwendung von Transparentverbänden dar [24, 25, 26]. Ältere Daten, aus denen eine höhere Haut- und/oder Katheterkolonisationsrate unter Transparentverbänden abgeleitet wurde [27, 28, 29], wurden neuerdings nicht mehr bestätigt [24, 26].

- Die Punktionsstelle muss steril abgedeckt werden (Kategorie IB).

- Es können sowohl transparente als auch Gazeverbände verwendet werden (Kategorie IA).
- Eine punktionsnahe Applikation von unsterilen Pflasterstreifen ist zu vermeiden. Zur Fixierung können sterilisierte Pflasterstreifen eingesetzt werden (Kategorie IB).

### 1.7 Verbandwechsel und Pflege der Insertionsstelle

Verbände brauchen bei peripheren Verweilkanülen nur bei Bedarf (Verschmutzung, Ablösung, Infektverdacht) gewechselt zu werden [25]. Zwischen verschiedenen Arten von Transparentverbänden fanden sich bei zentralen Venenkathetern keine klinischen Unterschiede, dies dürfte auch auf periphere Kanülen übertragbar sein [30]. Die Applikation antibakterieller Cremes oder Salben beim Verbandwechsel ist ohne gesicherte Effektivität, kann jedoch die Kolonisierung mit resistenten Erregern fördern [31, 32]. Auch PVP-Jodlösung ist klinisch nicht effektiver als keine Behandlung der Insertionsstelle [33]. Alkoholische Produkte führen nachgewiesenermaßen zur Reduktion der Hautkeimzahlen und zur Verringerung der Katheterkolonisationsrate [31, 34], im Hinblick auf klinische Endpunkte (Phlebitis, Sepsis) existieren keine Daten.

- Die Verbände sollen täglich inspiziert und bei Gazeverbänden die Insertionsstelle im Hinblick auf Druckschmerz palpieren (Kategorie IB).
- Transparentverbände und Gazeverbände brauchen nicht routinemäßig, sondern nur bei Bedarf (Verschmutzung, Ablösung, Durchfeuchtung, Infektverdacht) gewechselt zu werden (Kategorie IB).
- Täglicher Wechsel bei eingeschränkter Kooperation des Patienten, wenn der Verband keine Inspektion der Einstichstelle ermöglicht (Kategorie IB).
- Hygienische Händedesinfektion vor und nach Verbandwechsel (Kategorie IB).
- Verbandwechsel mittels No-Touch-Technik oder mit sterilen Handschuhen (Kategorie IB).
- Ggfs. Insertionsstelle mit steriler 0,9% NaCl-Lösung und sterilem Tupfer reinigen (Kategorie IB).

- Keine antibakteriellen Cremes oder Salben auf die Insertionsstelle aufbringen (Kategorie IB).
- Keine Aussage zur Behandlung der Einstichstelle mit antiseptischen Lösungen (Kategorie III).

### 1.8 Liegedauer von Venenverweilkanülen

Während früher eine erhöhte Phlebitis- und Infektionsrate bei einer Liegedauer von >3 Tagen postuliert wurde [3], zeigen neuere Studien, dass das tagesspezifische Risiko einer Obstruktion, Phlebitis und Katheterkolonisation auch bei längerer Liegedauer gleich bleibt [1, 5, 35]. Periphere Venenverweilkanülen können daher so lange liegen bleiben, wie sie klinisch benötigt werden [1].

- Venenverweilkanülen können so lange liegen bleiben, wie sie klinisch benötigt werden und keine Komplikationszeichen feststellbar sind (Kategorie IB).
- Die Indikation muss täglich neu überprüft werden (Kategorie IB).
- Notfallmäßig gelegte Verweilkanülen sollen baldmöglichst entfernt und ggfs. an anderer Stelle neu gelegt werden, wenn die Erstplatzierung unter eingeschränkter aseptischen Bedingungen erfolgte (Kategorie IB).
- Sofortige Entfernung bei apparter Phlebitis (Kategorie IB).

### 1.9 „Ruhe“ von Venenverweilkanülen

Sofern Medikamente in Intervallform appliziert werden, können Kanülen mit einem sterilen Verschlussstopfen oder einem sterilen Mandrin verschlossen werden. Bei Verwendung eines Verschlussstopfens sollte die Verweilkanüle zuvor mit steriler Elektrolytlösung durchgespült werden. Die Verwendung einer verdünnten Heparinlösung (z. B. 10 U/ml) zeigte in 15 randomisierten Studien keinen Vorteil gegenüber NaCl-Lösung in Bezug auf Obstruktions- und Phlebitisrate [36]. Es existieren keine wissenschaftlichen Daten über Mandrinverschlüsse, d. h. die Komplikationsrate bei längerer Liegedauer derartiger Verschlüsse und die maximal zulässige Liegezeit sind nicht definiert. Aufgrund vereinzelt aufgetretener Infektionskomplikationen (schwerer Lokalinfekt, Sepsis) bei längerem „Ruhe“ peripherer Verweil-

kanülen, die mit einem Mandrinverschluss versehen waren, erscheint es vernünftig, die maximal zulässige unbeobachtete Liegezeit für derartige Verschlüsse auf 24 h zu begrenzen.

- Bei Intervalltherapie mit i.v.-Medikamenten können Verweilkanülen mit einem sterilen Verschlussstopfen oder Mandrin verschlossen werden (Kategorie IB).
- Zur Intervallspülung reicht sterile Elektrolytlösung aus (Kategorie IA).
- Wird die Venenverweilkanüle >24 h mit einem Mandrin oder Verschlussstopfen verschlossen, müssen Gazeverbände täglich gewechselt und die Einstichstelle inspiziert werden. Bei Beurlaubung nach Hause sind ggfs. der Patient oder die Angehörigen in die Beurteilung einzuweisen (Kategorie IB).

## 2 Zentrale Venenkatheter

### 2.1 Hintergrund

Zentrale Venenkatheter sind für mehr als 90% aller durch Gefäßzugänge verursachten Infektionen verantwortlich. In einer Inzidenzstudie, an der 25 Intensivstationen teilnahmen, wurde eine mittlere Septikämierate von 2,2 (95% Vertrauensbereich 1,8–2,6) pro 1000 Kathetertage ermittelt [37]. Die erhebliche Variationsbreite zwischen einzelnen Zentren ließ darauf schließen, dass Präventionsmöglichkeiten nicht überall in vollem Umfang genutzt wurden [37]. Die durch Venenkatheterinfektionen verursachte zusätzliche Letalitätsrate wird in unterschiedlichen Studien mit 4–25% beziffert [38, 39, 40].

Venenkatheter-assoziierte Infektionen können prinzipiell auf drei Wegen entstehen: 1. Beim extraluminalem Infektionsweg geht die Kolonisation des Katheters von der Einstichstelle aus, wobei Keime der Hautflora entlang der Außenseite des Katheters in die Tiefe wandern [41, 42]. 2. Der lumenale Infektionsweg gewinnt bei zunehmender Liegedauer des Katheters an Bedeutung. Die Keime gelangen z. B. durch Manipulationen am Konnektionsstück (Diskonnektion) in das Katheterlumen. Ex-vivo-Untersuchungen legen nahe, dass auch eine Kontamination der Flüssigkeit in den Infusionssystemen auftreten kann und als Quelle der Besiedelung von Kathetern in Frage

kommt [43]. 3. Katheterferne Infektionsherde können über eine Bakteriämie zur Besiedelung des Katheters führen [44].

### 2.2 Personal

Die in den USA vielerorts praktizierte Anlage und Pflege von i.v.-Kathetern durch speziell geschulte Katheterteams führte in randomisierten Studien zur signifikanten Reduktion Katheter-assoziiierter Infektionen [6, 7, 45, 46]. Da diese Strategie zur Infektionsvermeidung in Deutschland bislang nicht etabliert werden konnte, sollten regelmäßige Schulungen des Personals erfolgen, die in entsprechenden Studien ebenfalls einen signifikanten infektionspräventiven Effekt hatten [47, 48].

- Empfohlen werden regelmäßige Schulungen von Ärzten und Pflegekräften bezüglich Indikation, Anlage und Pflege zentralvenöser Katheter (Kategorie IA).

### 2.3 Kathetermaterial, Katheterart

In-vitro- und In-vivo-Untersuchungen belegen eine verstärkte Adhäsion von Mikroorganismen an Kathetern aus Polyvinylchlorid (PVC) oder Polyethylen im Vergleich zu solchen aus Polyurethan [49, 50]. Die Unterschiede in den Adhäsionseigenschaften der Materialien spielen allerdings möglicherweise nach Blut-/Fibrindeposition auf der luminalen Oberfläche eine geringere Rolle als früher angenommen [50, 51]. In der Regel werden heute Katheter aus Polyurethan oder Silikon verwendet.

Obwohl es in mehreren nicht randomisierten Untersuchungen zu einer bis zu 6-fach höheren Septikämierate bei Verwendung von Triple-Lumen-Kathetern im Vergleich zu Single-Lumen-Kathetern kam [19, 52, 53], zeigten zwei randomisierte prospektive Studien gleich hohe Kolonisations- und Septikämieraten für Triple- und Single-Lumen-Katheter [54, 55]. Eine prospektive, nicht randomisierte Studie zeigte lediglich einen nicht signifikanten Trend zu einer erhöhten Katheterkolonisations- und Septikämierate bei Verwendung von Triple-Lumen-Kathetern [56]. Bei stringenter klinischer Indikationsstellung und strikter Einhaltung der Hygienemaßnahmen spricht daher aus infektionspräventiver

Sicht nichts gegen den Einsatz von Doppel- oder Triple-Lumen-Kathetern.

Inwieweit der Einsatz antimikrobiell beschichteter Katheter bzw. silberbeschichteter subkutaner Kathetermanschetten sinnvoll ist und welche Patientenkollektive hierfür in Frage kommen, ist nach wie vor Gegenstand der Diskussion [57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64].

- Zentrale Venenkatheter aus Silikon oder Polyurethan sind gegenüber solchen aus PVC oder Polyethylen zu bevorzugen (Kategorie IA).
- Wenn möglich, sollten Single-Lumen-Katheter verwendet werden. Bei stringenter Indikationsstellung können Doppel- oder Triple-Lumen-Katheter verwendet werden (Kategorie IB).
- Keine Aussage zu antimikrobiell oder antiseptisch beschichteten Kathetern (Kategorie III).
- Keine Aussage zur Verwendung silberbeschichteter Kollagenmanschetten (Kategorie III).

### 2.4 Wahl der Insertionsstelle

Prospektive Kohortenstudien haben gezeigt, dass die V. subclavia der V. jugularis oder der V. femoralis zur Anlage eines zentralen Venenkatheters im Hinblick auf Katheterinfektionsraten vorzuziehen ist [19, 65, 66]. Die Kolonisations- und Bakteriämieraten sind bei Katheterinsertion in die V. femoralis am höchsten [19]. Bei der Wahl der Einstichstelle sind jedoch die infektiologischen Risiken gegen das Risiko für mechanische Komplikationen (Pneumothorax, versehentliche Arterienpunktion, Thrombose, Luftembolie) abzuwägen. Die Insertion zentraler Venenkatheter in periphere Venen ist aus infektiologischer Sicht nicht risikoreicher als diejenige in zentrale Venen, wird jedoch aufgrund der erhöhten Rate lokaler Komplikationen (Thrombose, Phlebitis) heute im allgemeinen vermieden [67].

- Aus infektionspräventiver Sicht ist als Insertionsstelle die V. subclavia zu bevorzugen (Kategorie IB).

### 2.5 Legen des zentralen Venenkatheters

Die Häufigkeit einer Katheter-assoziierten Infektion kann signifikant gesenkt werden, wenn sich die durchführende Person steril einkleidet (langärmeliger

steriler Kittel, Mund-Nasen-Schutz, Haube, sterile Handschuhe) und ein großes steriles Abdecktuch verwendet wird. Hierdurch konnte bei zentralen Venenkathetern die Septikämierate um den Faktor 6,3 gesenkt werden [68]. Eine systemische Antibiotikaphylaxe vor der Katheterinsertion kann aufgrund der widersprüchlichen Datenlage nicht empfohlen werden [70, 71].

- Keine systemische Antibiotikaphylaxe vor der Insertion (Kategorie III).
- Vor dem Anlegen der Schutzkleidung hygienische Händedesinfektion (Kategorie IA).
- Anlegen von Mund-Nasen-Schutz, Haube, sterilem Kittel und sterilen Handschuhen durch die handelnde Person (Kategorie IA).
- Desinfektion der Einstichstelle mit Hautdesinfektionsmittel unter Beachtung der Einwirkzeit (Kategorie IB).
- Abdeckung mit großem sterilen Tuch (Kategorie IA).
- Punktion und Insertion des Katheters.
- Sichere Fixierung des Katheters (Kategorie IB)

### 2.6 Verband

Aus der älteren Literatur ließ sich eine erhöhte Infektionsrate bei Verwendung von Transparent- im Vergleich zu Gazeverbänden ableiten [72]. Ursache hierfür war vermutlich eine zu geringe Wasserdampfdurchlässigkeit der verwendeten Transparentverbände, die eine Flüssigkeitsakkumulation an der Insertionsstelle mit konsekutiver Keimvermehrung begünstigte [27, 73]. Mit neueren, hochpermeablen Transparentverbänden aus Polyurethan ergab sich dagegen kein Anhalt für eine erhöhte Katheterkolonisationsrate [30, 74]. Hydrokolloidverbände sind als Katheterverbände ungeeignet [75, 76, 77].

- Zentrale Venenkatheter können mit einem wasserdampfdurchlässigen Transparentverband oder einem Gazeverband versorgt werden (Kategorie IB).

### 2.7 Verbandwechsel und Pflege der Insertionsstelle

Gazeverbände werden meist alle 48 bis 72 Stunden gewechselt [27, 74, 78, 79, 80]. Es existieren jedoch keine wissenschaftlichen Daten, aus denen die Notwendigkeit eines bestimmten Wechselintervalls für Gazeverbände ableitbar ist. Transparentverbände wurden über 5 Tage [74], 7 Tage [73] und 10 Tage [81] belassen, ohne dass vermehrt Komplikationen beobachtet wurden. Mehrere Autoren befürworten einen routinemäßigen Wechsel von Transparentverbänden nach spätestens 7 Tagen, da es bei längerer Belassung oft zur Ablösung kommt [73, 76, 77, 81].

Auf die Insertionsstelle aufgetragene antibiotikahaltige Salben besitzen eine unsichere Wirksamkeit [82] und können zur Selektion resistenter Keime einschließlich *Candida* spp. beitragen [83]. Sie werden daher zur Pflege der Insertionsstelle nicht mehr empfohlen. Mupirocin reduziert die Katheterkolonisationsrate signifikant [84], auch bei dieser Substanz besteht jedoch die Gefahr der Resistenzentwicklung [85]. Für verschiedene Antiseptika, z. B. PVP-Jod [79], Alkohol, wässriges Chlorhexidin [78], antiseptische Mischpräparate [86] und einen mit Chlorhexidin imprägnierten aufklebbaren Schwamm [87] wurde eine infektionspräventive Wirksamkeit nachgewiesen. Aus pragmatischen Gründen (Schmiereffekt, Ablösen des Verbandes) ist die Anwendung antiseptischer Salben bei Verwendung von Transparentverbänden nicht sinnvoll.

- Die Verbände sollen täglich inspiziert und bei Gazeverbänden die Insertionsstelle palpirt werden (Kategorie IB).
- Keine Aussage zur Wechselfrequenz von Gazeverbänden bei bewussteinsekaren, kooperativen Patienten (Kategorie III).
- Täglicher Verbandwechsel von Gazeverbänden bei eingeschränkter Kooperation des Patienten (Bewusstseinsstörung, Beatmung) (Kategorie IB).
- Bei Druckschmerz, Fieber unklarer Ursache oder Sepsis Gazeverband entfernen und Inspektion der Einstichstelle (Kategorie IB).

- Routinemäßiger Wechsel von Transparentverbänden spätestens nach 7 Tagen (Kategorie IB).
- Sofortiger Verbandwechsel bei Verschmutzung, Durchfeuchtung, Ablösung oder Infektionsverdacht (Kategorie IB).
- Aseptisches Vorgehen bei Verbandwechsel (s. „periphere Venenverweilkanülen“).
- Applikation von Antiseptika – bevorzugt alkohol. Hautdesinfektionsmittel – auf die Insertionsstelle bei Verbandwechsel (Kategorie II).
- Bei Transparentverbänden keine Salben verwenden (Kategorie IB).

### 2.8 Liegedauer und Wechsel von zentralen Venenkathetern

Ein routinemäßiger Wechsel von zentralen Venenkathetern führt nicht zu einer Verringerung der Inzidenz klinischer Infektionsereignisse [80, 88, 89]. Bei sichtbarer Entzündung an der Katheter Eintrittsstelle bzw. Tunnelinfektion ist der Katheter sofort zu entfernen und ggfs. ein Katheter an anderer Stelle neu zu legen [90].

Inwieweit notfallmäßig gelegte zentrale Venenkatheter gewechselt werden müssen, ist nicht untersucht. Es erscheint vernünftig, einen Wechsel zu fordern, wenn die Insertion unter eingeschränkt aseptischen Bedingungen erfolgte.

- Kein routinemäßiger Wechsel zentraler Venenkatheter nach bestimmten Zeitintervallen (Kategorie IA).
- So bald wie möglich Wechsel von Kathetern, die unter eingeschränkt aseptischen Notfallbedingungen gelegt wurden (Kategorie IB).
- Die Indikation eines zentralen Venenkatheters muss täglich neu geprüft werden (Kategorie IB).
- Bei sichtbarer Entzündung an der Eintrittsstelle bzw. Tunnelinfektion sofortige Entfernung des Katheters und ggfs. Neuanlage an anderer Stelle (Kategorie IB).
- Bei klinischem Verdacht auf Katheter-assoziierte Infektionen und unauffälliger Insertionsstelle differenziertes Vorgehen in Abhängigkeit von mikrobiologischen und klinischen Gesichtspunkten. Es wird auf die entsprechenden Empfehlungen von Fachgesellschaften hierzu verwiesen [90, 91].

## 2.9 Spülung von zentralen Venenkathetern

- Eine Thrombusbildung in liegenden Kathetern geht mit einer erhöhten Rate Katheter-assoziiierter Infektionen einher [92]. Die Verwendung von verdünntem Heparin zur Spülung von Kathetern ist hinsichtlich der Vermeidung einer Katheterokklusion jedoch nicht effektiver als die Spülung mit physiologischer Kochsalzlösung [93, 94]. Aufgrund möglicher Blutungskomplikationen sollten Heparinspülungen daher vermieden werden [95]. Vor allem bei neonatologischen und onkologisch-pädiatrischen Patienten wurden verdünnte Heparin-Antibiotikallösungen zur Spülung zwischen Infusionen oder als Zugabe zu Infusionslösungen eingesetzt [96, 97, 98, 99, 100]. Der Wert dieser Maßnahmen kann derzeit noch nicht definitiv beurteilt werden. Gleiches gilt für die routinemäßige Anwendung der „antibiotic lock technique“<sup>2</sup> zur Prävention von Katheterinfektionen [101, 102].
- Falls notwendig, soll zur Spülung von Kathetern sterile physiologische Elektrolytlösung verwendet werden (Kategorie IA).
- Keine Aussage zur intermittierenden Spülung mit verdünnten Antibiotika- und/oder Heparinlösungen oder anderen Formen des präventiven i.v.-Einsatzes verdünnter Antibiotika (Kategorie III).
- Keine Aussage zur präventiven Anwendung der „antibiotic lock technique“ (Kategorie III).

## 2.10 Neuartige Konnektionsstücke

Die Indikation und der infektionspräventive Effekt neu entwickelter Konnektionsstücke können derzeit noch nicht beurteilt werden [103, 104, 105].

## 2.11 Intermittierende Infusionen und „Ruhens“ von zentralen Venenkathetern

Sofern intermittierende Applikationen, z.B. von Kurzinfusionen, über mehr als etwa 30 Tage durchzuführen sind, sollte die Anlage von partiell oder komplett implan-

<sup>2</sup> Bei der „antibiotic lock technique“ wird das Katheterlumen über definierte Zeitintervalle mit konzentrierten Antibiotikallösungen geblockt. Einzelheiten s. [101].

tierten Systemen erwogen werden. Inwieweit zentrale Katheter über kurze Zeiträume intermittierend genutzt werden können, ohne dass zwischenzeitlich Infusionen verabreicht werden, ist nicht untersucht. Bei neuartigen, verlängerten peripheren Kathetern, die in Kombination mit Spezialkonnektoren verwendet werden, scheint eine bis zu 7-tägige intermittierende Nutzung im Rahmen ambulanter bzw. tagesklinischer Therapieverfahren möglich zu sein [106]. Über die Stilllegung einzelner Stränge von Triple-Lumen-Kathetern existieren keine Daten. Es erscheint vernünftig, derartige Stilllegungsintervalle so kurz wie möglich ( $\leq 24$  h) zu halten.

- Keine Aussage zur Stilllegung einzelner Stränge von zentralen Venenkathetern oder zum „Ruhens“ von Kathetern zwischen Medikamentenapplikationen (Kategorie III).

## 3 Arterielle Katheter und Pulmonalarterienkatheter

### 3.1 Hintergrund

**Arterielle Katheter.** Im Vergleich mit zentralvenösen Kathetern ist die Infektionsrate bei arteriellen Kathetern bei vergleichbarer Liegedauer deutlich niedriger [107]. Katheter-assoziierte Infektionen bei Arterienkathetern werden begünstigt durch eine Entzündung im Bereich der Eintrittsstelle, eine Verweildauer von  $>4$  Tagen und eine chirurgische Anlagetechnik („cut-down“) [108, 109]. Die Inzidenz von Katheter-assoziierten Infektionen bzw. Septikämien im Zusammenhang mit arteriellen Kathetern beträgt je nach Studie zwischen 4 und 35% bzw. 0 und 5,4% [108, 110, 111, 112, 113, 114]. In einer prospektiven Studie an Kindern wurde eine relativ niedrige Infektionsrate arterieller Katheter gefunden (Kolonisationsrate 5%, lokale Infektionen 2,4%, mögliche Katheter-assoziierte Sepsis 0,6%) [115]. Ein spezielle Indikation für die Insertion von Kathetern in Arterien, die bestimmte Perfusionsgebiete versorgen, besteht bei der gezielten Tumorchemotherapie und bei der Embolisierungstherapie von Fremdgeweben, Gefäßmalformationen u.ä.

**Pulmonalarterienkatheter.** Sie werden über ein Einführbesteck angelegt und verbleiben in der Regel nur wenige Tage. In verschiedenen Studien wurde die Katheterspitze bei der Entfernung kultiviert,

hierbei zeigte sich in 12–22% der Fälle bereits nach ca. 3–4tägiger Liegedauer eine signifikante Kolonisation der Katheterspitze [109, 116, 117]. Die Rate Katheter-assoziiierter Septikämien wird mit 0,1–0,66 pro 100 Kathetertage angegeben und ist damit im Mittel deutlich höher als diejenige zentralvenöser Katheter [116, 118]. Als Risikofaktoren für eine Katheter-assoziierte Infektion gelten eine Liegedauer von  $>4$ –7 Tagen [74, 109, 117, 118], eine Kolonisierung der Insertionsstelle [74, 117] sowie der Verzicht auf maximale hygienische Vorsichtsmaßnahmen bei der Anlage [117] (s. Abschnitt 2).

### 3.2. Personal, Kathetermaterial, Katheterart

Da keine speziellen Daten für arterielle Katheter vorliegen, kann der Wert von Personalschulungen nicht beurteilt werden. Es erscheint sinnvoll, ähnliche Anforderungen zu stellen, wie bei zentralen Venenkathetern (s. Kapitel 1 und 2). Studien zum Einfluss verschiedener Materialien auf die Infektionsrate existieren nicht.

- Keine Aussage zur Verwendung bestimmter Materialien bei arteriellen Kathetern und Pulmonalarterienkathetern (Kategorie III).
- Empfohlen werden regelmäßige Schulungen von Ärzten und Pflegekräften bezüglich Indikation, Anlage und Pflege der Katheter (Kategorie IB).

### 3.3 Wahl der Insertionsstelle

Im Gegensatz zu zentralvenösen Kathetern spielt die Auswahl der Insertionsstelle für arterielle Katheter (obere vs. untere Extremität, insbesondere femoral) keine wesentliche Rolle für die Rate an Katheter-assoziierten Infektionen [112, 119, 120]. Die Insertionsstelle arterieller Katheter kann aus infektiologischer Sicht frei gewählt werden (Kategorie IB).

Pulmonalarterienkatheter werden in der Regel von der V. jugularis interna oder von der V. subclavia aus gelegt. Während bei zwei Studien über eine höhere Infektionsrate bei Anlage über die V. jugularis berichtet wurde [112, 117], fanden andere Autoren keinen Unterschied zwischen diesen Insertionsstellen [113, 118, 121].

- Keine Empfehlung zur Insertionsstelle (V. subclavia versus V. jugularis) von

Pulmonalarterienkathetern aus infektiologischer Sicht (Kategorie III).

### 3.4 Auswahl des Druckmesssystems (Einweg- vs. Mehrweg-System)

Es gibt Berichte über Häufungen von Katheter-assoziierten Infektionen mit gram-negativen Stäbchenbakterien, die eindeutig auf eine Kontamination der verwendeten Mehrwegsysteme infolge mangelhafter hygienischer Aufbereitung der Druckaufnehmer zurückzuführen waren [122, 123, 124].

- Einwegartikel sollten gegenüber Mehrweg-Systemen bevorzugt werden (Kategorie IB).
- Mehrweg-Druckmesssysteme müssen unter Berücksichtigung der Herstellerangaben aufbereitet und sterilisiert werden (s. Empfehlung zur Aufbereitung von Medizinprodukten) (Kategorie IB).

### 3.5 Pflege des Druckmesssystems

Die Anzahl der Manipulationen am Kathetersystem muß auf ein Minimum beschränkt bleiben [123]. Sofern erforderlich, sollten Blutentnahmen bevorzugt mittels eines geschlossenen Systems und nicht aus Dreiwegehähnen erfolgen [125]. Wenn Dreiwegehähne im System eingebaut sind, müssen diese als Sterilfeld betrachtet und die Öffnungen bei Nichtgebrauch immer mit einer sterilen Spritze oder einem sterilen Verschlussstopfen geschlossen sein [123]. Der infektionspräventive Effekt neu entwickelter Konnektionsstopfen, die einen nadelfreien Zugang zum System über ein Membranventil ermöglichen, kann derzeit noch nicht beurteilt werden [103].

- Geschlossene Systeme sind gegenüber solchen mit Dreiwegehähnen zu bevorzugen (Kategorie IB).
- Das komplette Drucksystem (Schlauchleitungen, Druckaufnehmer, Spüllösung) muss aseptisch gehandhabt werden (Kategorie IB).
- Wird das Schlauchsystem zur Blutabnahme über eine Gummimembran angestochen, so muss diese zuvor einer Desinfektion mit einem geeigneten Desinfektionsmittel auf alkoholischer Basis unter Beachtung der Einwirkzeit unterzogen werden.

### 3.6 Insertion, Verband, Verbandwechsel, Pflege der Insertionsstelle

Es existieren keine speziellen Daten für langstreckige arterielle Katheter, so dass empfohlen wird, sich bei der Insertion analog wie bei zentralen Venenkathetern zu verhalten (steriler Kittel, Mund-Nasenschutz, Haube, sterile Handschuhe, großes steriles Lochtuch zur Abdeckung). Für Pulmonalarterienkatheter wurde eine verringerte Kolonisationsrate der Katheter bei diesem Vorgehen nachgewiesen [68]. Untersuchungen zur Verbandtechnik bei peripher-arteriellen Kathetern liegen nicht vor. Bei Pulmonalarterienkathetern wurden Gazeverbände mit transparenten Folienverbänden aus Polyurethan im Hinblick auf die Hautkolonisation an der Insertionsstelle, die Rate von Katheterkolonisationen und die Septikämierate verglichen [74]. Die Gazeverbände wurden 2tägig, die Folienverbände 5tägig gewechselt. Es fand sich kein Unterschied in der Rate von Lokalinfektionen und Katheter-assoziierten Septikämien. Die Autoren wiesen jedoch darauf hin, dass hochpermeable moderne Folienverbände verwendet werden sollten, da bei älteren Folienverbänden eine verstärkte Hautkolonisation unter dem Verband auftritt [74].

- Die Insertion von langstreckigen arteriellen Kathetern und Pulmonalarterienkathetern muss unter sterilen Kauteilen wie bei zentralen Venenkathetern (s. dort) erfolgen (Kategorie IA).
- Kurze peripher-arterielle Katheter werden mit sterilen Handschuhen gelegt (Kategorie IB).
- Die Insertionsstelle von arteriellen Kathetern und Pulmonalarterienkathetern kann mit Gaze oder mit einem hochpermeablen Folienverband aus Polyurethan abgedeckt werden (Kategorie IB).
- Keine Aussage zur Wechselfrequenz von Gazeverbänden bei bewusstseinsklaren, kooperativen Patienten.
- Täglicher Verbandwechsel von Gazeverbänden bei eingeschränkter Kooperation des Patienten (Bewußtseinsstörung, Beatmung) (Kategorie IB).
- Bei Druckschmerz, Fieber unklarer Ursache oder Sepsis sowie bei Durchfeuchtung, Verschmutzung oder Lockerung Gazeverband entfernen und Inspektion der Einstichstelle (Kategorie IB).

- Routinemäßiger Wechsel von Transparentverbänden spätestens nach 7 Tagen (Kategorie IB).
- Aseptisches Vorgehen bei Verbandwechsel (s. periphere Verweilkatheten, Kap. 1.7) (Kategorie IB).

### 3.7 Spüllösung

Die Verwendung glukosehaltiger Spüllösungen über das arterielle Drucksystem begünstigt die Besiedelung des Systems und eine Katheter-assoziierte Infektion mit *Candida species* oder Bakterien [122, 123, 126, 127]. Der Zusatz von Heparin zur Spüllösung (z. B. 1 U/ml Heparin in 0,9% Natriumchloridlösung) vermindert die Koagelbildung und verlängert die Nutzungsdauer arterieller Katheter [36, 128, 129]. Ein gleichartiger Effekt kann durch Zusatz von 1,4% Natriumzitat zur Spüllösung erzielt werden [130]. Da auch die Anzahl der erforderlichen Manipulationen am System verringert wird, erscheint der Zusatz von Antikoagulantien aus infektionspräventiver Sicht sinnvoll, obwohl die Infektionsrate als Endpunkt nicht speziell untersucht wurde.

- Als Spüllösungen dürfen keine glukosehaltige Lösungen verwendet werden (Kategorie IB).
- Ein Zusatz von Heparin zur Spüllösung (z. B. 1 U/ml in 0,9% NaCl-Lösung) wird zur Verminderung der Koagelbildung empfohlen (Kategorie IB).

### 3.8 Liegedauer und Wechsel von arteriellen Kathetern und Pulmonalarterienkathetern

Arterielle Katheter weisen bei längerer Liegedauer eine vermehrte Kolonisation an der Katheterspitze auf [108, 109, 131]. Wird der in das System integrierte Dreiwegehahn für häufige Blutabnahmen genutzt, kommt es auch hier rasch zu einer Kolonisation des Ansatzkonus [111]. Klinische Infektionsereignisse sind jedoch auch bei einer Liegedauer der Systeme bis zu 9 Tagen so selten, dass eine Empfehlung zum routinemäßigen Wechsel der Dreiwegehähne oder des gesamten Systems nach bestimmten Zeitintervallen wissenschaftlich nicht begründet ist [131]. Die wenigen vorliegenden Daten für Kinder sprechen für eine niedrige Infektionsrate und weisen ebenfalls darauf hin, dass sich die Rate nach Tag 4 nicht wesentlich ändert [115].

- Arterielle Katheter können so lange verbleiben, wie sie klinisch benötigt werden (Kategorie IB).
- Ein routinemäßiger Wechsel arterieller Katheter ist nicht notwendig (Kategorie IB).
- Die Indikation muss täglich neu geprüft werden (Kategorie IB).
- Sofortige Entfernung und ggfs. Neuanlage an anderer Stelle bei sichtbarer Entzündung an der Eintrittsstelle (Kategorie IA).

Pumonalarterienkatheter zeigen ebenfalls bei einer Liegedauer von >4 Tagen eine vermehrte Kolonisation der Katheterspitze; klinische Infektionsereignisse sind jedoch selten [74, 109, 118, 132]. Eine randomisierte Studie, in der Pulmonalarterienkatheter routinemäßig alle 72 Stunden gewechselt wurden, erbrachte lediglich den Hinweis auf eine höhere Infektionsrate bei Wechsel über einen Führungsdraht und eine höhere Rate an mechanischen Komplikationen bei Insertion an einer neuen Stelle [80]. Die in der Literatur empfohlene Liegedauer schwankt daher zwischen 4 Tagen [74] und bis zu 7 Tagen [109].

- Pulmonalarterienkatheter sollen spätestens nach 7 Tagen entfernt und, falls klinisch notwendig, neu angelegt werden (Kategorie IB).
- Sofortige Entfernung und ggfs. Neuanlage an anderer Stelle bei sichtbarer Entzündung an der Eintrittsstelle (Kategorie IB).

### 3.9 Wechsel der Druckaufnehmer und des Schlauchsystems

In einer Kohortenstudie wurde trotz regelmäßigen täglichen Austausches des Leitungssystems (ohne Austausch des Druckdomes) nach durchschnittlicher Verwendung über 6,5 Tage eine Kontaminationsrate der Infusionsflüssigkeit von 23,5% gefunden [131]. Ein regelmäßiger Wechsel des kompletten Systems verhindert die Kontamination. Die Kontaminationsrate steigt nach mehreren Studien bei Verwendung des Druckmesssystems über 4 Tage hinaus an [133, 134, 135, 136].

- Ein Wechsel der Druckaufnehmer, des Schlauchsystems und der Spüllösung muss mindestens alle 96 h erfolgen (Kategorie IB).

## 4 Hämodialysekatheter

### 4.1 Hintergrund

Als temporärer Gefäßzugang werden für die Durchführung der extrakorporalen, veno-venösen Dialyseverfahren großlumige perkutane Katheter verwendet. Subkutan implantierte, getunnelte Systeme werden bei längerer Verweildauer bevorzugt. Hinsichtlich des Vorgehens bei der Insertion und des Einsatzes von geschultem Personal bei der Katheterpflege gelten die gleichen Hygieneanforderungen wie für zentrale Venenkatheter (s. Abschnitt 2). Im Folgenden soll lediglich auf einige Besonderheiten der Dialysekatheter eingegangen werden.

### 4.2 Katheterart, Kathetermaterial

Getunnelte Katheter zeigten in einer retrospektiven Studie eine geringere Infektionsrate an der Eintrittsstelle; Unterschiede in der Septikämierate im Vergleich zu nicht getunnelten Kathetern bestanden nicht [137]. Die Indikation zur Anlage getunnelter Katheter sollte daher von der Grunderkrankung, der voraussichtlichen Liegedauer und dem Allgemeinzustand des Patienten abhängig gemacht werden. Das weichere Silikon [138] wird für die getunnelten Katheter gegenüber Fluorpolymeren oder Polyurethan bevorzugt. Bei getunnelten Kathetern war die Verwendung von Silikonmaterial im Vergleich zu Teflon oder Polyurethan auch mit einer geringeren Infektionsrate an der Eintrittsstelle assoziiert. Es handelte sich hierbei allerdings um deskriptive, nicht kontrollierte Studien [138, 139]. Bei nicht getunnelten Kathetern wird Polyurethan bevorzugt [138]. Eine Silberbeschichtung getunnelter Katheter führte in einer randomisierten prospektiven Studie nicht zu einer Reduktion der Katheterkolonisation bzw. einer Senkung der Infektionsraten im Vergleich zu nicht beschichteten Kathetern [140]. Über eine höhere Thrombosierungsrate der doppelumigen Katheter liegen keine exakten Daten vor. Es bleibt der Erfahrung des jeweiligen Zentrums überlassen, welche Katheter verwendet werden.

- Getunnelte Katheter sind bei voraussichtlich längerer Liegedauer zu bevorzugen (Kategorie IB).

- Als Kathetermaterial bei getunnelten Kathetern sollte bevorzugt Silikon eingesetzt werden (Kategorie II).
- Derzeit keine Empfehlung zum Einsatz silberschichteter Katheter (Kategorie III).

### 4.3 Wahl der Insertionsstelle

Bei an der oberen Körperhälfte angelegten Dialysekathetern treten Katheter-assoziierte Septikämien etwa ebenso häufig auf wie bei anderen zentralen Venenkathetern (ca. 2 pro 1000 Kathetertage) [141]. Dialysekatheter in der Femoralvene haben demgegenüber eine höhere Infektions- und Komplikationsrate [142].

- Im Normalfall sollten Dialysekatheter an der oberen Körperhälfte gelegt werden (Kategorie IB).
- Im Ausnahmefall können andere zentrale Venen katheterisiert werden (Kategorie IB).

### 4.4 Legen eines Dialysekatheters

Für das Vorgehen bei der Insertion nicht getunnelter Katheter gelten die gleichen Hygieneanforderungen wie für zentrale Venenkatheter (s. Abschnitt 2).

- Getunnelte Katheter müssen mindestens in einem Eingriffsraum unter Einhaltung aller für eine OP geltenden Hygieneanforderungen angelegt werden (Kategorie IB).

### 4.5 Verband, Verbandwechsel, Pflege der Insertionsstelle

Es gibt keine Studien zum Einfluss verschiedener Verbandstypen auf die Infektionsrate. Üblicherweise werden kommerziell erhältliche Gaze-/Pflasterverbände verwendet, die eine sichere Fixierung der austretenden Katheterschenkel ermöglichen.

Studien zur optimalen Frequenz von Verbandwechseln liegen speziell für Dialysekatheter nicht vor. Nach der Neuanlage empfiehlt sich in den ersten Tagen die tägliche Inspektion und der Verbandwechsel. Blut oder Sekret an der Kathetereintrittsstelle können mit physiologischer Kochsalzlösung und einem sterilen Tupfer entfernt werden. Aus Gründen der Praktikabilität und der im Vergleich zu Nicht-Dialysekathetern erhöhten Gefahr von Infektionen an der

Eintrittsstelle erscheint im weiteren Verlauf ein Verbandwechsel nach jeder Dialyse sinnvoll. Bei kontinuierlicher Dialyse empfiehlt sich beim Verbandwechsel ein Vorgehen wie bei zentralen Venenkathetern (s. Abschnitt 2.7).

Die Applikation von PVP-Jodsalbe auf die Eintrittsstelle reduzierte in einer randomisierten kontrollierten Studie die Inzidenz Katheter-assoziiierter Infektionen [79]. Einen gleichartigen Effekt wie PVP-Jodsalbe hatte in einer prospektiven randomisierten Studie auch Mupirocin-Salbe [143], die jedoch aufgrund der Gefahr von Resistenzentwicklungen vom Hersteller nicht mehr für kutane Applikationen empfohlen wird. Obwohl speziell für Dialysekatheter keine Studien mit anderen Antiseptika zur Verfügung stehen, sind diese in Analogie zu zentralen Venenkathetern vermutlich ebenso für die Desinfektion der Eintrittsstelle beim Verbandwechsel geeignet (s. Abschnitt 2).

- Dialysekatheter sollen mit einem sterilen Gaze-/Pflasterverband versorgt werden (Kategorie IB).
- Aseptisches Vorgehen bei Verbandwechsel (s. Kap. 1.7) (Kategorie IB).
- Zur Frequenz der Verbandwechsel s. Kap. 2.7.
- Beim Verbandwechsel Applikation von Antiseptika auf die Eintrittsstelle (Kategorie IB).

Blutabnahmen oder Infusionen über den Dialysekatheter, die nicht durch die Dialyse oder durch einen Notfall bedingt sind, sollen vermieden werden. Auf eine fachgerechte Blockung des Dialysekatheters ist nach den Dialysen zu achten, da das Risiko einer Thrombosierung, einer Infektion, einer Blutung sowie einer Luftembolie durch einen nicht ausreichenden Verschluss groß ist (Kategorie IB).

### 4.6 Liegedauer und Wechsel von Dialysekathetern

Ein routinemäßiger Wechsel ist aufgrund der Komplikationsgefahr bei Reinsertion großlumiger Katheter nicht untersucht worden.

- Kein routinemäßiger Wechsel von Hämodialysekathetern (Kategorie IB).
- Sofortige Katheterentfernung bei purulenter Tunnelinfektion (Kategorie IB).

- Bei bestätigter Katheter-assoziiierter Septikämie im Normalfall Entfernung eines nicht getunnelten Katheters und Neuinsertion an anderer Stelle (Kategorie IB).

### 4.7 Vorgehen zwischen den Dialysen

Zwischen den Dialysen werden die Katheterschenkel bzw. das singuläre Lumen in der Regel mit verdünnter Heparinlösung befüllt und mit einem sterilen Verschlussstopfen verschlossen. Heparindosis und Füllmenge sind individuell in Abhängigkeit vom Kathetertyp und dem Füllvolumen des Katheters festzulegen. Bei Heparin-induzierter Thrombozytopenie sollte der Katheter nur mit Kochsalzlösung geblockt werden. Vor jeder Dialyse ist die Blocklösung zu entfernen. Zum Schutz vor mechanischer Beanspruchung werden die Schenkel zwischen den Dialysen in geeigneter Weise fixiert.

- Zwischen den Dialysen Blockung des Katheters mit steriler Heparin/0,9% NaCl-Lösung (Kategorie IB).
- Verschluss der Schenkel mit sterilen Verschlussstopfen (Kategorie IB).

## 5 Nabelgefäßkatheter

### 5.1 Hintergrund

Die Nabelgefäße von Neugeborenen werden oft zur Anlage von Gefäßkathetern benutzt, da sie relativ einfach kanülierbar sind und sich daher gut zur Verabreichung von Medikamenten bei Notfällen unmittelbar nach der Geburt und zur Gabe von Infusionslösungen bei kritisch kranken Früh- und Neugeborenen eignen. Weiterhin ermöglichen sie eine arterielle Blutdruckmessung über einen Nabelarterienkatheter bzw. eine Messung des zentralvenösen Druckes über Nabelvenenkatheter und dienen zur Entnahme von Blutproben.

Der Nabel wird nach der Geburt rasch mit Bakterien kolonisiert. Eine Kolonisierung der Katheter scheint häufig aufzutreten; die Kolonisierungsraten werden in der Literatur mit 40%–55% für Nabelarterienkatheter [144,145,146] und mit 22–59% für Nabelvenenkatheter [145,146,147] beziffert. Die Inzidenz von Katheter-assoziierten systemischen Infektionen beträgt 5–6% bei arteriellen und 3–8% bei venösen Nabelkathetern [146,147].

Als Risikofaktoren für eine Nabelarterienkatheter-assoziierte systemische Infektion gelten ein Geburtsgewicht unter 1500 g sowie eine länger dauernde Verabreichung von Antibiotika [146].

### 5.2 Personal, Kathetermaterial, Katheterart

Der Einfluss verschiedener Kathetermaterialien (Polyvinylchlorid, Polyurethan und Silikonpolymer) wurde nicht im Hinblick auf infektionspräventive Effekte untersucht [148]. Nabelarterienkatheter mit einer endständigen Öffnung verursachten seltener Gefäßthrombosen als solche mit seitlichen Öffnungen [149]. Da eine geringere Rate an mechanischen Komplikationen auch die Anzahl von Manipulationen am Katheter und die Anzahl notwendiger Reinsertionen reduziert, sind vermutlich auch aus infektologischer Sicht Nabelarterienkatheter mit endständiger Öffnung zu bevorzugen. Mehrlumige Katheter sind im Vergleich mit einlumigen Kathetern nicht mit einer erhöhten Infektionsrate assoziiert [150,151,152].

- Regelmäßige Personalschulungen sollen in Analogie zu zentralvenösen Kathetern durchgeführt werden (Kategorie IB).
- Das Kathetermaterial kann aus infektologischer Sicht frei gewählt werden (Kategorie IB).
- Für den Einsatz einlumiger oder mehrlumiger Katheter gelten aus infektionspräventiver Sicht keine Einschränkungen; entscheidend ist die klinische Indikation (Kategorie IB).

### 5.3 Legen des Nabelvenenkatheters

Es existieren keine Studien, in denen der Einfluss bestimmter Hygienemaßnahmen bei der Insertion auf die Infektionsrate von Nabelkathetern untersucht wurde. Die Empfehlungen hierzu basieren auf den im Abschnitt über zentrale Venenkatheter zitierten Studien und werden daher lediglich der Kategorie IB zugeordnet. Bei der Hautdesinfektion ist zu beachten, dass Produkte, die freies Jod enthalten, eine Schilddrüsensuppression hervorrufen können, da Jod durch die Haut des Neonaten in stärkerem Maße resorbiert wird als durch die Haut von Erwachsenen [153,154]. Für PVP-Jod gilt dies in geringerem Maße,

da die Jodfreisetzung verzögert erfolgt; die Anwendung von PVP-Jod erscheint somit vertretbar. In einer Studie an peripheren Venenkathetern von Neugeborenen wurde gezeigt, dass Chlorhexidin in 70% Ethanol zur Hautdesinfektion effektiver ist als PVP-Jod [34]. Ethanol allein wurde jedoch nicht untersucht und ist vermutlich ausreichend. Um die Gefahr einer Schilddrüsensuppression (PVP-Jod) bzw. einer toxischen Dermatitis (Ethanol) zu minimieren, sollte durch Abdecken mit sterilen Tüchern das zu desinfizierende Hautareal so klein wie möglich gehalten werden.

- Nabelvenenkatheter können im Kreißsaal, Sectio-OP oder auf Station gelegt werden (Kategorie IB).
- Keine systemische Antibiotikaprophylaxe vor der Insertion (Kategorie IB).
- Vor dem Anlegen der Schutzkleidung hygienische Händedesinfektion (Kategorie IA).
- Anlegen von Mund-Nasenschutz, Haube, sterilem Kittel und sterilen Handschuhen durch die handelnde Person. Auf Mund-Nasenschutz und Haube kann beim Legen des Katheters im Inkubator verzichtet werden (Kategorie IB).
- Desinfektion der Nabelschnur mit alkoholischem Hautdesinfektionsmittel oder PVP-Jodlösung unter Beachtung der Einwirkzeit (Kategorie IB). Der Einsatz anderer Antiseptika (z. B. Octenidin-Dihydrochlorid) ist möglich, jedoch bei dieser Indikation derzeit noch unzureichend untersucht (Kategorie III).
- Abdeckung des Patienten mit sterilem Tuch (Kategorie IB).
- Durchtrennung der Nabelschnur und Präparation der Nabelgefäße mit sterilem Instrumentarium (Kategorie IB).
- Katheter sicher fixieren (Kategorie IB).

#### 5.4 Versorgung und Pflege der Insertionsstelle

Dem Vorteil eines Verbandes der Nabelregion (z. B. Schutz vor Verunreinigungen aus der Perianalregion) stehen die Nachteile der schlechteren Beurteilbarkeit der Einführtiefe des Nabelkatheters und das Risiko der Ausbildung einer „feuchten Kammer“ (hohe Transpirati-

on, hohe Inkubatorfeuchte) gegenüber. Vielerorts wird deshalb nach sicherer Fixierung des Nabelkatheters, z. B. mittels einer um den Nabelstumpf gelegten Tabaksbeutelnaht, eine offene Nabelpflege bevorzugt. Daten über die Anwendung von antiseptischen Lösungen oder Salben auf die Insertionsstelle bei Nabelkathetern existieren nicht.

- Keine Aussage zur Notwendigkeit eines Verbandes bei liegendem Nabelkatheter (Kategorie III).
- Keine Empfehlung zur Routineapplikation von antibakteriellen Substanzen an der Nabelöffnung bei liegenden Nabelgefäßkathetern (Kategorie III).

#### 5.5 Prophylaktische Antibiotikagabe während der Liegedauer

Während manche Autoren über eine niedrigere bakterielle Kolonisationsrate von Nabelkathetern unter prophylaktischer Gabe von Antibiotika berichten [147,155], fanden andere Autoren keinen solchen Zusammenhang [145]. Bei einer kontrollierten Studie konnte unter antibiotischer Prophylaxe zwar eine Reduktion der Kolonisierung der Nabelarterienkatheter, jedoch keine Reduktion von klinischen Infektionsereignissen beobachtet werden [144]. Vor allem bei länger dauernder Therapie besteht demgegenüber die Gefahr der Besiedelung des Patienten und des Kathetersystems mit resistenten Keimen.

- Keine prophylaktische Gabe systemischer Antibiotika zur Verminderung der Katheterkolonisierung (Kategorie IB).

#### 5.6 Liegedauer und Wechsel von Nabelkathetern

Es gibt keine Studien, welche den Einfluss eines routinemäßigen Wechsels bzw. eine Entfernung von Nabelkathetern nach einer bestimmten Zeitdauer untersucht haben. Weiterhin gibt es keine Daten, welche die Entfernung oder den Austausch eines Nabelkatheters im Falle einer vermuteten bakteriellen Infektion unterstützen.

- Ein routinemäßiger Wechsel bzw. eine routinemäßige Entfernung von Nabelkathetern nach einem be-

stimmten Zeitpunkt wird nicht empfohlen (Kategorie III).

- Sofortige Entfernung von Nabelkathetern und ggfs. Neuanlage einer peripheren arteriellen Kanüle bzw. eines anderen venösen Zugangs bei eindeutig sichtbaren Zeichen einer Omphalitis (eitrige Sekretion, Rötung der Periumbilikalregion) (Kategorie IB).

#### 5.7 Spülung und Zusatz von Heparin in die Infusionslösung

Intermittierende Spülungen mit heparinhaltigen Lösungen reduzieren die Gefahr einer Thrombosierung von Nabelarterienkathetern nicht [156]. Die Durchgängigkeit arterieller Nabelkatheter wird demgegenüber durch den kontinuierlichen Zusatz von 0,25–1,0 U/mL Heparin zur Infusionslösung entscheidend beeinflusst und damit die Liegedauer verlängert, ohne dass die Inzidenz von Komplikationen wie intraventrikulären/periventrikulären Blutungen, einer Aortenthrombose oder anderer Durchblutungsstörungen beeinflusst wird [156,157]. Ob die längere Liegedauer durch weniger Manipulationen auch zu einer geringeren Rate an Katheterassoziierten Infektionen führt, oder ob dieser Vorteil sinngemäß auch für Nabelvenenkatheter zutrifft, ist zu vermuten, letztlich aber nicht durch vorliegenden Daten erwiesen.

- Intermittierende Spülungen können, falls notwendig, mit steriler 0,9% NaCl-Lösung erfolgen (Kategorie IB).
- Der kontinuierliche Zusatz von Heparin (0,25–1,0 IE/ mL) zur Infusionsflüssigkeit von Nabelarterien- und Nabelvenenkathetern wird empfohlen (Kategorie IB).

### 6 Partiiell implantierte zentralvenöse Katheter

#### 6.1 Hintergrund

Die Besonderheit partiell implantierter Katheter liegt darin, dass die kutane Eintrittsstelle mehrere Zentimeter vom Eintritt in die Vene entfernt liegt. In dem dazwischen liegenden Abschnitt verläuft der Katheter durch einen subkutanen „Tunnel“, in dem eine schmale filzartige, den Katheter umfassende Manschette zu

liegen kommt. Durch Einwachsen von Bindegewebe in diese Manschette wird der Katheter in der entsprechenden Position fixiert. Neben der Fixierung des Katheters dient der Tunnel auch dem Infektionsschutz [158].

Die Infektionsrate partiell implantierter Katheter hängt stark von der Patientengruppe und der durchgeführten parenteralen Therapie ab. Die durchschnittliche Rate Katheter-assoziiertes Infektionen bei Patienten mit benignen und malignen Grunderkrankungen beträgt bei Hickman-Kathetern ca. 0,6/1000 Kathetertage [159], bei erwachsenen Tumorpatienten 1,8/1000 Kathetertage [160]. Bei Kindern mit malignen Grunderkrankungen wurde sie mit 0,27 [161], 2,2 [162] bzw. 2,8/1000 Kathetertage [163] angegeben, bei hochgradig immunsupprimierten Knochenmarktransplantations-Patienten mit 7,9/1000 Kathetertage [164]. Die häufigsten Infektionsarten sind Lokalinfektionen an der Eintrittsstelle und Katheter-assoziierte Septikämien ohne auffälligen Lokalbefund am Katheter. Eitrige Tunnelinfektionen sind demgegenüber sehr selten.

### 6.2 Personalschulung

Sowohl für die Insertion als auch für das Anlegen von Infusionen, die Pflege der Insertionsstelle und den Verbandwechsel sind speziell geschulte Ärzte und Pflegekräfte erforderlich. Bei ambulanten Patienten können nach entsprechender Schulung auch der Hausarzt, ambulante Pflegekräfte oder Angehörige die Katheterversorgung übernehmen [165, 166]. Es sollte eine schriftliche und verbindliche Pflegeanleitung vorliegen, die allen beteiligten Personen bekannt sein muss und anhand derer der Umgang mit den Kathetern trainiert wird.

- Die Insertion und der Umgang mit partiell implantierten Kathetern erfordert hierin erfahrenes bzw. speziell geschultes Personal. Die Schulungen sollten auf der Basis einer schriftlichen Pflegeanleitung erfolgen (Kategorie IB).

### 6.3 Kathetermaterial, Katheterart

Es existieren ein- und mehrlumige Katheterversionen. Mehrlumige Katheter haben eine höhere Infektionsrate [167, 168].

- Die Auswahl des Katheters erfolgt nach klinischer Erfahrung des jeweiligen Zentrums.
- Wenn medizinisch vertretbar, sollen einlumige Katheter bevorzugt werden (Kategorie IB).

### 6.4 Wahl der Insertionsstelle

Die Katheter können in die V. subclavia, V. jugularis interna, V. cephalica, bei spezieller Indikation (Verschluss der oberen Hohlvene) auch in die V. femoralis [169] oder über einen direkten translumbalen Zugangsweg [170] in die untere Hohlvene gelegt werden. Aufgrund einer geringeren Rate von mechanischen Komplikationen sollte bei Anlage an der oberen Körperhälfte die rechte Seite zur Insertion bevorzugt werden [171]. Auf die Infektionsrate wirkt sich die Wahl der Körperseite nicht aus. Die femorale Platzierung ist bei entsprechender Sorgfalt und Pflege nicht mit einer erhöhten Infektionsrate assoziiert [169]. In der Regel werden die Katheter in die rechte V. jugularis oder V. subclavia platziert; der Katheter wird ca. 5–10 cm nach unten durch einen Tunnel geführt und medial der Mamille ausgeleitet [158].

- Partiiell implantierte Katheter sollen vorzugsweise in die V. subclavia, die V. jugularis interna oder die V. cephalica eingeführt werden (Kategorie IB).
- Die Insertion kann bei entsprechender Indikation (z. B. Verschluss oder Kompression der oberen Hohlvene) in die V. femoralis oder V. cava erfolgen (Kategorie IB).

### 6.5 Implantation bzw. Insertion

Die Anlage partiell implantierter Katheter kann mittels operativer Freilegung der Insertionsvene in einem OP, aber auch durch perkutane Punktion in einem Eingriffsraum oder einem radiologischen Interventionsraum erfolgen. Aus infektiologischer Sicht sind die beiden Vorgehensweisen als gleichwertig zu beurteilen [172, 173, 174]. Eine wesentliche Bedeutung für die Entstehung von Infektionen haben die Länge des Kathetertunnels sowie der Abstand der Muffe von der Hautaustrittsstelle. Eine Kathetertunnellänge von <6 cm und eine Muffenposition näher als 2 cm an der Haut korrelieren signifikant mit Katheter-as-

soziierten Infektionen [175]. Im Übrigen ergeben sich aus der Literatur keine Hinweise auf einen Vorteil bestimmter Anlagetechniken (offene präparative Technik (cut-down) versus perkutane Punktion, Ultraschall- oder angiographische Kontrolle der Katheterlage, Nahttechnik) im Hinblick auf die Infektionsrate [173, 174, 176]. Einige Autoren befürworten eine präoperative Antibiotikaprophylaxe [69, 177]; dies sollte der Erfahrung des individuellen Zentrums vorbehalten bleiben.

- Die Insertion von partiell implantierten Kathetern kann in einem OP, in einem Eingriffsraum oder radiologischen Interventionsraum erfolgen (Kategorie IB).
- Das technisch-methodische Vorgehen sollte entsprechend der Erfahrung des jeweiligen Zentrums gewählt werden.
- Bei Insertion in einem Eingriffsraum und radiologischen Interventionsraum sind folgende Mindestanforderungen einzuhalten: Hygienische Händedesinfektion, sterile Handschuhe, Mund-Nasenschutz, Kopfhaut, steriler Kittel, steriles Abdecktuch (Kategorie IB).
- Die sonographische Kontrolle des Gefäßverlaufes darf die Sterilität nicht gefährden (Kategorie IB).

### 6.6 Verband, Verbandwechsel, Pflege der Insertionsstelle

Solange eine Wundabdeckung benötigt wird, sind Verbandwechsel und Pflege der Insertionsstelle wie bei zentralen Venenkathetern (Kap. 2.7) durchzuführen.

### 6.7 Liegedauer, Wechsel und Spülung von partiell implantierten Kathetern

Die Katheter werden nicht regelmäßig gewechselt, sondern können so lange liegen bleiben, wie sie klinisch benötigt werden. Bei entsprechender Pflege wurden komplikationsfreie Liegezeiten von >6 Monaten beschrieben [178].

Die meisten Autoren empfehlen eine Spülung der Katheter mit Kochsalzlösung und Befüllung mit verdünnter Heparinkochsalzlösung (z. B. 100 IE Heparin/ml in 0,9% NaCl) in zwei- bis dreitägigen Abständen zwischen den Applikationen [179]. Randomisierte Studien zum Einfluss bestimmter Spülfrequenzen oder

Heparindosierungen liegen nicht vor. Die Heparinfüllung ist vor Beginn einer Infusion zunächst mit einer 2 ml-Spritze zu entfernen und der Katheter mit steriler Kochsalzlösung zu spülen.

Hinweise zum Vorgehen bei vermuteter oder nachgewiesener Infektion eines partiell implantierten Katheters finden sich in den entsprechenden Empfehlungen der Fachgesellschaften [90, 91].

- Partiiell implantierte Katheter können ohne routinemäßigen Wechsel so lange liegen bleiben, wie sie klinisch benötigt werden (Kategorie IB).
- Zwischen den Applikationen Spülung des Katheters mit steriler Kochsalzlösung und Befüllung mit verdünnter Heparin-Kochsalzlösung (Kategorie IB).
- Bei vermuteter oder nachgewiesener Infektion eines partiell implantierten Katheters differenziertes Vorgehen entsprechend den Empfehlungen der Fachgesellschaften.

## 7 Vollständig implantierte intravasale Systeme (Portsysteme)

### 7.1 Hintergrund

Bei den Portsystemen handelt es sich um vollständig implantierte Systeme, die aus einer meist subkutan platzierten Kammer und einem angeschlossenen intravasalen Katheter bestehen. Als häufigste Komplikationen bei der Anlage und Verwendung von Portsystemen zur intravasalen Therapie werden lokale und systemische Infektionen, Venenthrombosen, Katheterverlegungen und Katheterbeschädigungen beschrieben [15, 180, 181, 182].

### 7.2 Implantation von Portsystemen

Der Katheterschlauch der Portsysteme kann operativ mittels offener Gefäßpräparation oder (bei zweiteiligen Systemen) mittels subkutaner Gefäßpunktion eingebracht werden. Es ist darauf zu achten, dass sich die Hautinzisionsstelle nicht direkt über der Portkammer befindet [158]. In jedem Fall hat die Implantation unter aseptischen Bedingungen im OP bzw. im Eingriffsraum zu erfolgen. Eine perioperative Antibiotikaphylaxe wird kontrovers diskutiert, randomisierte Studien liegen hierzu nicht vor [15, 183, 184, 185].

- Die Implantation von Portsystemen hat unter aseptischen Bedingungen im OP oder Eingriffsraum zu erfolgen (Kategorie IB).

### 7.3 Punktion des Ports und Anschluss von Infusionssystemen

- Vor der Entfernung eines evtl. vorhandenen Verbandes ist eine hygienische Händedesinfektion durchzuführen (Kategorie IB).
- Die Punktionsstelle ist großflächig, unter Beachtung der vorgeschriebenen Einwirkzeit des Desinfektionsmittels, zu desinfizieren (Kategorie IB).
- Für die Punktion, bei der eine Palpation und Fixierung der Portkammer zwischen den palpierenden Fingern erfolgt, müssen sterile Handschuhe angezogen werden (Kategorie IB).
- Es dürfen nur geeignete Spezialkanülen verwendet werden (Kategorie IB).
- Aseptisches Konnektieren des Infusionssystems (Kategorie IB).
- Keine Empfehlung zur maximalen Liegedauer von Portnadeln (Kategorie III).

### 7.4 Verband/Verbandwechsel von Portsystemen

Bei angeschlossener Portnadel Vorgehen wie bei zentralen Venenkathetern (s. Kap. 2.7).

„Ruhende“, d. h. nicht in Gebrauch befindliche Portsysteme benötigen keinen Verband (Kategorie IB).

### 7.5 Liegedauer von Portsystemen

In der Literatur werden durchschnittliche Portkatheter-Liegezeiten von 240–315 Tagen angegeben [15, 181, 182, 185]. Gründe für die Entfernung des Portsystems können das Ende der Therapiemaßnahmen, nicht beherrschbare Komplikationen einschließlich therapieresistenter Infektionen, irreversible Katheterverlegungen oder eine Beschädigung oder Dislokation des Systems sein [185].

- Nicht beherrschbare Komplikationen erfordern die Entfernung des Portsystems. Umgehende Entfernung des Portsystems bei Beschädigung oder Dislokation (Kategorie IB).

## 8 Infusionstherapie

### 8.1 Hintergrund

Die Infusionstherapie muß als eine der zahlreichen möglichen Quellen nosokomialer Infektionen angesehen werden. Klinische Studien haben gezeigt, daß Infusionslösungen, Infusionssysteme und Katheteransatzstücke im Alltag rasch mikrobiell kontaminiert werden [43, 186, 187, 188, 189]. Auf den hygienisch einwandfreien Umgang mit Infusionssystemen, -lösungen oder -behältern ist daher besonderer Wert zu legen.

### 8.2 Infusionssysteme

Das Infusionssystem stellt die Verbindung zwischen dem Infusionslösungsbehälter und der peripheren intravenösen Verweilkanüle bzw. dem zentralen Venenkatheter dar. Zum Infusionssystem zählen die Tropfkammer, der Infusionsschlauch, die Abklemmvorrichtung sowie ggf. Dreiwegehähne oder Hahnenbänke. Infusionssysteme sind stets nur für einen Patienten zu verwenden.

#### 8.2.1 Wechsel von Infusionssystemen

Für Infusionslösungen mit überwiegend anorganischen Bestandteilen (kristalloide Lösungen, z. B. 0,9% NaCl-Lösung, Ringer-Laktat-Lösung) zeigt sich bei 72-stündigem Wechsel der Infusionssysteme keine signifikant höhere bakterielle Kontamination als bei 48-stündigem [187, 189, 190] oder 24-stündigem Wechsel [191]. Dies gilt auch für Infusionen, die mittels Infusomaten verabreicht werden [192]. Für Infusionssysteme von Lipidlösungen hingegen werden bei 72-stündigen Wechselintervallen signifikant höhere mikrobielle Kontaminationsraten als bei 24-stündigen Wechselintervallen angegeben [193]. Totale parenterale Ernährungslösungen, sog. TPN- oder TPA-Lösungen, die eine Mischung aus Lipiden, Kohlehydraten, Aminosäuren, Vitaminen und Spurenelementen darstellen, unterstützen mikrobielles Wachstum in vitro in deutlich geringerem Maße als reine Lipidlösungen [194]. Klinisch zeigen sie bei verlängerten Wechselintervallen der Infusionssysteme (72–96-stündig im Vergleich zu 48-stündigem Wechsel) keine erhöhten Kontaminationsraten [187, 195]. In einer Studie fand sich bei 72-stündigem Wechsel der Infusionssysteme sogar

eine signifikant niedrigere Septikämierate als bei 24-stündigem Wechsel, möglicherweise aufgrund einer verminderten Keimeinschleppung durch Manipulationen [196]. Für die Applikation von Blut und Blutprodukten gelten die Richtlinien der Bundesärztekammer zur Gewinnung von Blut und Blutbestandteilen und zur Anwendung von Blutprodukten (Hämotherapie). Hiernach müssen für Blut und Blutprodukte bestimmte Infusionssysteme über einen genormten Standardfilter verfügen und dürfen 6 h lang verwendet werden. Der Gebrauch eines Infusionssystems für mehrere Blutkomponenten derselben Art ist innerhalb von 6 h zulässig (s. Kap. 8.5) [197].

Zuleitungsschläuche, die für die Gabe von Kurzinfusionen benutzt werden, sind nach Abschluss der Kurzinfusion zu verwerfen. Für mehrere direkt hintereinander geschaltete Kurzinfusionen wird bei gegebener Medikamentenkompatibilität meist der gleiche Zuleitungsschlauch verwendet. Wissenschaftliche Untersuchungen hierzu existieren nicht.

- Infusionssysteme für reine Lipidlösungen sollen nach jeder Lipidinfusion, spätestens nach 24 h, gewechselt werden (Kategorie IB).
- Infusionssysteme aller anderen Lösungen sollen spätestens alle 72 h gewechselt werden (Kategorie IB).
- Blut und Blutprodukte müssen über Infusionssysteme mit genormtem Standardfilter (DIN 58360 (Porengröße 170–230 µm)) verabreicht werden, die nicht länger als 6 h verwendet werden dürfen. Der Gebrauch eines Infusionssystems für mehrere Blutkomponenten derselben Art ist innerhalb von 6 h zulässig (Kategorie IV).

### 8.2.2 Konnektion/Diskonnektion von Infusionssystemen

Diskonnektionen sind auf ein absolutes Minimum zu beschränken [198]. Vor einer Konnektion/Diskonnektion des Infusionssystems ist eine hygienische Händedesinfektion durchzuführen. Die alkoholische Desinfektion des Katheteransatzstückes oder des Dreiwegehahnes vor Konnektion kann dessen mikrobielle Kontamination reduzieren [199], eine Reduktion Katheter-assoziiierter Infektionen durch diese Maßnahme konnte bislang jedoch nicht nachgewiesen werden. Da Inkompatibilitäten zwischen

Desinfektionsmittel und Kathetermaterial bestehen können, die ihrerseits ein Risiko für Materialschäden darstellen, ist eine Aussage zur Desinfektion des Ansatzes/Dreiwegehahnes derzeit nicht möglich. Nach jeder Diskonnektion ist ein neuer, steriler Verschlussstopfen aufzusetzen. Randomisierte klinische Studien zum Einfluss neu entwickelter Konnektionshilfen mit Ventilmembran [103, 104] auf die Rate von Katheterinfektionen liegen bislang nicht vor.

Die Verabreichung von i.v.-Injektionen setzt in der Regel die Aspiration von Blut (z. B. zur Sicherstellung der korrekten Lage des Katheters) voraus. Hierdurch kann es zu Blutverschmutzungen kommen, die eine Infektion begünstigen können. Um dieses Risiko auf ein Minimum zu reduzieren, sollten der Luer-Ansatz und das Lumen des Katheters mit steriler 0,9% NaCl-Lösung gespült werden. Ist hierdurch eine sichtbare Kontamination mit Blut nicht zu beseitigen, ist der Luer-Ansatz (z. B. der Dreiwegehahn) zu wechseln. Ein sauberer Tupfer kann Kontaminationen der Haut oder des Verbandes unter dem Luer-Ansatz durch austretendes Blut vermeiden helfen (analog kann nach Bluttransfusionen vorgegangen werden, s. 8.5).

- Diskonnektionen sind auf ein absolutes Minimum zu beschränken (Kategorie IB).
- Vor Konnektion/Diskonnektion eines Infusionssystems ist eine hygienische Händedesinfektion durchzuführen (Kategorie IB).
- Keine Aussage zur Desinfektion von Katheteransatzstücken bzw. Dreiwegehähnen vor der Dis- bzw. Rekonnektion (Kategorie III).
- Nach jeder Diskonnektion muss ein neuer, steriler Verschlussstopfen verwendet werden (Kategorie IB).
- Keine Aussage zur Verwendung von Ventilmembran-Konnektoren (Kategorie III).

### 8.2.3 „In-line“-Filter

In das Infusionssystem können spezielle Filter, sog. In-line-Filter, eingebracht werden, die Fremdmaterial und Mikroorganismen zurückhalten sollen. Durch routinemäßigen Einsatz dieser Filter lässt sich die Phlebitisrate bei peripheren Verweilkathetern signifikant senken [200, 201, 202]. Die meisten Phle-

bitiden sind jedoch nicht die Folge einer Infektion, sondern einer Einschwemmung von Mikropartikeln oder einer mechanischen Irritation. Mit kommerziell erhältlichen, entsprechend zertifizierten Filtern von 0,2 µm Porengröße können allerdings auch Bakterien und Pilze selbst bei einer hohen Keimbelastung (>10<sup>7</sup>/ml) und Druckinfusionen von bis zu 300 mm Hg sicher über 96 h zurückgehalten werden [203, 204, 205]. Ob dieser Effekt bei der meist geringen Bedeutung der Infusionslösungen als Erregerquelle klinisch eine Rolle spielt, ist nicht untersucht. Ein Einfluss derartiger Filter auf die Rate Katheter-assoziiierter Septikämien ließ sich bislang nicht nachweisen [206].

- Aus infektionspräventiver Sicht keine Empfehlung zum routinemäßigen Einsatz von In-line-Filtern (Kategorie III).
- Bei Verwendung von In-line-Filtern müssen die unter 8.2.2 angeführten Hygienemaßnahmen unverändert beibehalten werden (Kategorie IB).

## 8.3 Messsysteme zur Bestimmung des zentralen Venendrucks

Bei den Messsystemen zur Bestimmung des zentralen Venendrucks (ZVD) werden offene und geschlossene Systeme unterschieden. Beide Systeme werden parallel zu einem Spülsystem (meist 0,9% NaCl-Lösung) an einen zentralen Venenkatheter angeschlossen. Für die Messung wird von dem Spülsystem auf das Messsystem umgeschaltet. Das offene System besteht aus einer senkrecht stehenden, mit NaCl 0,9% gefüllten, skalierten Infusionsleitung, an der der ZVD direkt in cm H<sub>2</sub>O abgelesen werden kann. Das geschlossene System besteht aus einem Transducer, der mechanischen Druck in ein elektrisches Signal umwandelt, und einem Monitor, an dem dieses Signal abgelesen werden kann. Offene ZVD-Systeme haben theoretisch ein höheres Kontaminationsrisiko als geschlossene. In der Literatur liegen bislang keine Daten bzgl. der Verwendungszeit von Infusionssystemen, die der Messung des ZVD dienen, vor. Wenn offene Systeme verwendet werden, sollten sie alle 24 h gewechselt werden. Offene ZVD-Systeme, die am oberen Ende durch einen Sterilfilter verschlossen sind, können wie das gesamte Infusionssystem alle 72 h gewechselt werden. Ge-

geschlossene Systeme werden meist ähnlich wie arterielle Druckmesssysteme behandelt und z. B. alle 96 h gewechselt, wissenschaftliche Untersuchungen liegen hierzu jedoch nicht vor.

- Offene ZVD-Systeme sollen alle 24 h gewechselt werden (Kategorie IB).
- Keine Aussage zur Wechselfrequenz geschlossener ZVD-Systeme (Kategorie III).

## 8.4 Infusionslösungen

Infusionslösungen sind Lösungen, die dem Patienten parenteral, d. h. intravenös, intramuskulär, subkutan, intraperitoneal oder intraossär verabreicht werden können. Zu den Infusionslösungen zählen Ernährungslösungen sowie gelöste Arzneimittel jeglicher Art.

### 8.4.1 Verabreichung von Infusionslösungen

Bei Lipidlösungen lässt sich nach Inokulation des Infusionslösungsbehälters mit Prüfkeimen ein erstes Keimwachstum nach 6–12 h nachweisen [207, 208]. Durch Herstellung totaler parenteraler Ernährungslösungen, sog. TPN- (oder TPA-)Lösungen, die eine Mischung aus Lipiden, Kohlehydraten, Aminosäuren, Spurenelementen und Vitaminen darstellen, lässt sich das Kontaminationsrisiko im Vergleich zu reinen Lipidlösungen senken, hier zeigt sich innerhalb von 24 h bei Raumtemperatur nur ein minimales Keimwachstum [194, 209]. Zur maximal vertretbaren Applikationszeit von in Perfusorspritzen aufgezogenen Medikamenten existieren nur vereinzelt mikrobiologische Daten. In einer Studie, in der der Restinhalt von Morphin-Perfusorspritzen nach 72stündiger bzw. 96stündiger Laufzeit mikrobiologisch untersucht wurde, fand sich eine Kontaminationsrate von 7,6%. Klinische Infektzeichen traten während der Infusionen nicht auf [210]. Da die genannte Kontaminationsrate sich nicht von derjenigen anderer Infusionssysteme nach 72stündiger Laufzeit unterscheidet [189, 192], sind bei gegebener pharmakologischer Medikamentenstabilität Perfusorlaufzeiten in begründeten Einzelfällen bis zu 72 h zu vertreten. Unabhängig davon sind für jedes applizierte Medikament die Herstellerangaben zur maximal zulässigen Laufzeit zu beachten.

- Reine Lipidlösungen sollen innerhalb von 12 h infundiert werden (Kategorie IB).
- TPN-Lösungen sollen innerhalb von 24 h infundiert werden (Kategorie IB).
- Keine Wiederbefüllung von Perfusorspritzen (Kategorie IB).

### 8.4.2 Zubereitung von Infusionslösungen

Bei der Zubereitung von Mischinfusionen in patientennahen Bereichen ist zu beachten, dass auch bei optimaler Beachtung hygienischer Vorgehensweisen ein Eintrag von Mikroorganismen nicht immer ausgeschlossen werden kann. Innerhalb weniger Stunden können sich Mikroorganismen unter günstigen Bedingungen, insbesondere in Lösungen ohne Konservierungsstoffe, so vermehren, dass eine Infektionsgefährdung resultieren kann. Ist die Zubereitung von Mischinfusionen in patientennahen Bereichen unvermeidbar, so muss sie daher unter kontrolliert aseptischen Bedingungen erfolgen. Dies bedeutet:

- Zubereitung der Mischungen ohne Zeitdruck unter Berücksichtigung der Angaben des Arzneimittelherstellers ausschließlich durch geschultes Personal, das speziell in der Herstellung von Mischinfusionen und den dabei zu beachtenden Hygienemaßnahmen (z.B. Hände-, Flächendesinfektion, aseptisches Arbeiten) geschult wurde (Beleg durch namentliche und zeitliche Dokumentation der Unterweisung).
- Zubereitung der Mischinfusionen in einem für das Anrichten von Medikamenten vorgesehenen reinen Raum. Die Raumtemperaturen sollen 25°C nicht überschreiten.
- Zubereitung der Mischinfusionen auf einer hierfür vorgesehenen übersichtlichen und angemessen großen, freien Arbeitsfläche, die vor Beginn der Zubereitung mit einem auf Wirksamkeit geprüften Flächendesinfektionsmittel (Mittel aus der Desinfektionsmittelliste der DGHM) desinfizierend gereinigt wird.
- Die Applikation der Infusion am Patienten erfolgt ohne Zwischenlagerung an anderer Stelle. Die Entlüftung und luftblasenfreie Befüllung des Infusionsschlauches einschließ-

lich Tropfkammer mit dem Infusat geschieht erst unmittelbar vor der Applikation der Infusion.

- Bei Mischinfusionen, die in der Apotheke unter Laminar-Airflow-Bedingungen (Reinräume der Klasse A) hergestellt werden, müssen die Angaben des Apothekers bzgl. Lagerungsdauer und -temperatur berücksichtigt werden (Kategorie IB).

## 8.5 Verabreichung von Blutprodukten und Blutkomponenten

Blut und Blutkomponenten sollen über einen eigenen venösen Zugang transfundiert werden, so dass sie sich nicht mit anderen Infusionsflüssigkeiten mischen. Die Transfusion einer Blutkomponente muss innerhalb von 6 h erfolgen [197].

- Blut und Blutkomponenten müssen innerhalb von 6 h transfundiert werden. Ein gesonderter Gefäßzugang wird empfohlen (Kategorie IV).
- Nach Blutapplikation Spülung des Systems und der Dreiwegehähne mit steriler 0,9% NaCl-Lösung (Kategorie IB).

## 8.6 Mehrdosisbehälter

Die Übertragung und Ausbreitung von Infektionskrankheiten bei der Verwendung von Mehrdosisbehältern ist wiederholt beschrieben worden [211, 212, 213, 214]. Wenn irgend möglich, sollten Medikamente und Infusionslösungen daher aus Eindosisbehältern entnommen werden. Die Einhaltung streng aseptischer Techniken ist bei der Benutzung von Mehrdosisbehältern unabdingbar. Empfohlen werden die Wischdesinfektion des Gummistopfens vor Punktion [215], die Verwendung einer neuen Nadel und Spritze bei jeder Punktion [215, 216, 217] oder die Verwendung von Mehrfachentnahmekanülen mit Luftfilter, Kontaminations-schutzhülle und Verschlusskappe [218]. Das alleinige Wechseln der Nadel bei Weiterverwendung einer benutzten Spritze kann zu einer Kontamination des Mehrdosisbehälters führen [214, 217]. Auf angebrochenen Mehrdosisbehältern müssen Anbruchdatum und -uhrzeit notiert werden [219]; bezüglich der Verwendungszeiten und Lagerungsbedingungen sind die Herstellerangaben zu befolgen. In Injektions- oder In-

fusionsflaschen konfektionierte Parenteralia, die keine antimikrobiellen Zusätze enthalten, stellen entsprechend der Europäischen Pharmakopoe keine Mehrdosisbehältnisse dar.

- Eindosisbehälter sollten bevorzugt vor Mehrdosisbehältern verwendet werden (Kategorie IB).
- Vor Punktion muss die Membran des Mehrdosisbehälters unter Beachtung der vorgeschriebenen Einwirkzeit des alkoholischen Desinfektionsmittels desinfiziert werden (Kategorie IB).
- Bei jeder Punktion des Mehrdosisbehälters müssen Spritze und Kanüle gewechselt werden (Kategorie IB).
- Alternativ können Mehrfachentnahmekanülen mit Luftfilter und Kontaminationsschutzhülle verwendet werden (Kategorie IB).
- Auf angebrochenen Mehrdosisbehältern müssen Datum und Uhrzeit des Erstanbruchs notiert werden (Kategorie IB).

Bezüglich der Verwendungszeiten und Lagerungsbedingungen angebrochener Mehrdosisbehältnisse sind die Herstellerangaben<sup>3</sup> zu beachten (Kategorie IV).

Die Empfehlungen wurden ehrenamtlich und ohne Einflussnahme kommerzieller Interessengruppen im Auftrag der Kommission für Krankenhaushygiene und Infektionsprävention von einer Arbeitsgruppe unter der Leitung von M. Trautmann (unter Mitarbeit von B. Jansen, P. Frey, H. Hummler, M. Rasche, I. Scheringer und B. Schwalbe) sowie von den Mitgliedern und Gästen der Kommission für Krankenhaushygiene und Infektionsprävention unter Berücksichtigung der Stellungnahmen im Rahmen eines etablierten Anhörungsverfahrens erarbeitet und schließlich von den Mitgliedern der Kommission genehmigt.

<sup>3</sup> Herstellerangaben sind nicht nur Angaben in der Packungsbeilage, sondern auch angefragte schriftliche Stellungnahmen

## Literatur

1. Bregenger T, Conen D, Sakmann P, Widmer AF (1998) Is routine replacement of peripheral intravenous catheters necessary? *Arch Intern Med* 158:151–156
2. Fuchs PC (1971) Indwelling intravenous polyethylene catheters. Factors influencing the risk of microbial colonization and sepsis. *JAMA* 216:1447–1450
3. Maki DG, Ringer M (1991) Risk factors for infusion-related phlebitis with small peripheral venous catheters. A randomized controlled trial. *Ann Intern Med* 114:845–854
4. Ena J, Cercenado E, Martinez D, Bouza E (1992) Cross-sectional epidemiology of phlebitis and catheter-related infections. *Infect Control Hosp Epidemiol* 13:15–20
5. Cornely OA, Bethel U, Pauls R, Waldschmidt D (2002) Peripheral teflon catheters: factors determining incidence of phlebitis and duration of cannulation. *Infect Control Hosp Epidemiol* 23:249–253
6. Meier PA, Fredrickson M, Catney M, Nettelman MD (1998) Impact of a dedicated intravenous therapy team on nosocomial bloodstream infection rates. *Am J Infect Control* 26:388–392
7. Miller JM, Goetz AM, Squier C, Muder RR (1996) Reduction in nosocomial intravenous device-related bacteremias after institution of an intravenous therapy team. *J Intraven Nurs* 19:103–106
8. Soifer NE, Borzak S, Edlin BR, Weinstein RA (1998) Prevention of peripheral venous catheter complications with an intravenous therapy team: a randomized controlled trial. *Arch Intern Med* 158:473–477
9. Tomford JW, Hershey CO, McLaren CE, Porter DK, Cohen DI (1984) Intravenous therapy team and peripheral venous catheter-associated complications. A prospective controlled study. *Arch Intern Med* 144:1191–1194
10. Puntis JW, Holden CE, Smallman S, Finkel Y, George RH, Booth IW (1991) Staff training: a key factor in reducing intravascular catheter sepsis. *Arch Dis Child* 66:335–337
11. Maki DG, Goldman DA, Rhame FS (1973) Infection control in intravenous therapy. *Ann Intern Med* 79:867–887
12. Fassolt A (1985) Phlebitogenicity of venous catheters of Vialon. *Infusionsther Klin Ernahr* 12:282–286
13. Poisson DM, Touquet S, Bercault N, Arbeille B (1991) Polyurethane versus polyethylene: in vivo randomized study of infectious complications of central catheterization. *Pathol Biol (Paris)* 39:668–673
14. Harden JL, Kemp L, Mirtallo J (1995) Femoral catheters increase risk of infection in total parenteral nutrition patients. *Nutr Clin Pract* 10:60–66
15. Kock HJ, Krause U, Pietsch M, Rasfeld S, Walz MK (1996) Implantable catheter systems. Experiences with 1000 patients with central venous ports. *Dtsch Med Wochenschr* 19:47–51
16. Gaukroger PB, Roberts JG, Manners TA (1988) Infusion thrombophlebitis: a prospective comparison of 645 Vialon and Teflon cannulae in anaesthetic and postoperative use. *Anaesth Intensive Care* 16:265–271
17. Pearson ML (1996) Guideline for prevention of intravascular device-related infections. Part I. Intravascular device-related infections: an overview. The Hospital Infection Control Practices Advisory Committee. *Am J Infect Control* 24:262–277
18. Durbec O, Viviani X, Potie F, Vialet R, Albanese J, Martin C (1997) A prospective evaluation of the use of femoral venous catheters in critically ill adults. *Crit Care Med* 25:1986–1989
19. Goetz AM, Wagener MM, Miller JM, Muder RR (1998) Risk of infection due to central venous catheters: effect of site of placement and catheter type. *Infect Control Hosp Epidemiol* 19:842–845
20. Garland JS, Dunne WM Jr, Havens P et al. (1992) Peripheral intravenous catheter complications in critically ill children: a prospective study. *Pediatrics* 89:1145–1150
21. Berkowitz DM, Lee WS, Pazin GJ, Yee RB, Ho M (1974) Adhesive tape: potential source of nosocomial bacteria. *Appl Microbiol* 28:651–654
22. Redelmeier DA, Livesley NJ (1999) Adhesive tape and intravascular-catheter-associated infections. *J Gen Intern Med* 14:373–375
23. Hoffmann KK, Western SA, Kaiser DL, Wenzel RP, Groschel DH (1988) Bacterial colonization and phlebitis-associated risk with transparent polyurethane film for peripheral intravenous site dressings. *Am J Infect Control* 16:101–106
24. Madeo M, Martin C, Nobbs A (1997) A randomized study comparing IV 3000 (transparent polyurethane dressing) to a dry gauze dressing for peripheral intravenous catheter sites. *J Intraven Nurs* 20:253–256
25. Maki DG, Ringer M (1987) Evaluation of dressing regimens for prevention of infection with peripheral intravenous catheters. Gauze, a transparent polyurethane dressing, and an iodophor-transparent dressing. *JAMA* 258:2396–2403
26. Tripepi-Bova KA, Woods KD, Loach MC (1997) A comparison of transparent polyurethane and dry gauze dressings for peripheral i.v. catheter sites: rates of phlebitis, infiltration, and dislodgment by patients. *Am J Crit Care* 6:377–381
27. Conly JM, Grieves K, Peters B (1989) A prospective, randomized study comparing transparent and dry gauze dressings for central venous catheters. *J Infect Dis* 159:310–319
28. Craven DE, Lichtenberg DA, Kunches LM, McDonough AT, Gonzalez MI, Heeren TC, McCabe WR (1985) A randomized study comparing a transparent polyurethane dressing to a dry gauze dressing for peripheral intravenous catheter sites. *Infect Control* 6:361–366
29. Meylan PR (1987) Increased risk of bacterial colonization of intravenous catheters covered with transparent adhesive polyurethane bandages, compared to classical gauze bandages. *Schweiz Med Wochenschr* 117:2013–2016
30. Reynolds MG, Tebbs SE, Elliott TS (1997) Do dressings with increased permeability reduce the incidence of central venous catheter related sepsis? *Intensive Crit Care Nurs* 13:26–29
31. Danchaiwittit S, Theeratharathorn R (1989) Comparison of effects of alcohol, chlorhexidine cream, and iodophore cream on venous catheter-associated infections. *J Med Assoc Thai* 72 [Suppl 2]:39–43

32. Prince HN, Nonemaker WS, Norgard RC, Prince DL (1978) Drug resistance studies with topical antiseptics. *J Pharm Sci* 67:1629–1631
33. Thompson DR, Jowett NI, Folwell AM, Sutton TW (1989) A trial of povidone-iodine antiseptic solution for the prevention of cannula-related thrombophlebitis. *J Intraven Nurs*;12:99–102
34. Garland JS, Buck RK, Maloney P, Durkin DM, Toth-Lloyd S, Duffy M, Szocik P, McAuliffe TL, Goldmann D (1995) Comparison of 10% povidone-iodine and 0.5% chlorhexidine gluconate for the prevention of peripheral intravenous catheter colonization in neonates: a prospective trial. *Pediatr Infect Dis J* 14:510–516
35. Shimandle RB, Johnson D, Baker M, Stotland N, Karrison T, Arnow PM (1999) Safety of peripheral intravenous catheters in children. *Infect Control Hosp Epidemiol* 20:736–740
36. Randolph AG, Cook DJ, Gonzales CA, Andrew M (1998) Benefit of heparin in peripheral venous and arterial catheters: systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials. *BMJ* 316:969–975
37. Gastmeier P, Weist K, Ruden H (1999) Catheter-associated primary bloodstream infections: epidemiology and preventive methods. *Infection* 27 [Suppl 1]:S1–6
38. Byers K, Adal K, Anglim A, Farr B (1995) Case fatality rate for catheter-related bloodstream infections (CRBSI): a meta-analysis. *Infect Control Hosp Epidemiol* 16 [Suppl 2]:23
39. Collignon PJ (1994) Intravascular catheter associated sepsis: a common problem. The Australian Study on Intravascular Catheter Associated Sepsis. *Med J Aust* 19:374–378
40. Heiselman D (1994) Nosocomial bloodstream infections in the critically ill. *JAMA* 272:1819–1820
41. Darouiche RO, Raad II (1997) Prevention of catheter-related infections: the skin. *Nutrition* 13:265–295
42. Snyderman DR, Gorbea HF, Pober BR, Majka JA, Murray SA, Perry LK (1982) Predictive value of surveillance skin cultures in total-parenteral-nutrition-related infection. *Lancet* 2:1385–1388
43. Trautmann M, Zauser B, Wiedeck H, Buttenschon K, Marre R (1997) Bacterial colonization and endotoxin contamination of intravenous infusion fluids. *J Hosp Infect* 37:225–236
44. Adal KA, Farr BM (1996) Central venous catheter-related infections: a review. *Nutrition* 12:208–213
45. Faubion WC, Wesley JR, Khalidi N, Silva J (1986) Total parenteral nutrition catheter sepsis: impact of the team approach. *JPEN J Parenter Enteral Nutr* 10:642–645
46. Nelson DB, Kien CL, Mohr B, Frank S, Davis SD (1986) Dressing changes by specialized personnel reduce infection rates in patients receiving central venous parenteral nutrition. *JPEN J Parenter Enteral Nutr* 10:220–222
47. Sherertz RJ, Ely EW, Westbrook DM et al. (2000) Education of physicians-in-training can decrease the risk for vascular catheter infection. *Ann Intern Med* 132:641–648
48. Eggimann P, Harbarth S, Constantin MN, Touveneau S, Chevrolet JC, Pittet D (2000) Impact of a prevention strategy targeted at vascular-access care on incidence of infections acquired in intensive care. *Lancet* 355:1864–1868
49. Ashkenazi S, Weiss E, Drucker MM (1986) Bacterial adherence to intravenous catheters and needles and its influence by cannula type and bacterial surface hydrophobicity. *J Lab Clin Med* 107:136–140
50. Sheth NK, Franson TR, Rose HD, Buckmire FL, Cooper JA, Sohnle PG (1983) Colonization of bacteria on polyvinyl chloride and Teflon intravascular catheters in hospitalized patients. *J Clin Microbiol* 18:1061–1063
51. Andreoli-Pinto TJ, Graziano KU (1999) Important aspects of the colonization of central venous catheter. *Boll Chim Farm* 138:19–23
52. Clark-Christoff N, Watters VA, Sparks W, Snyder P, Grant JP (1992) Use of triple-lumen subclavian catheters for administration of total parenteral nutrition. *JPEN J Parenter Enteral Nutr* 16:403–407
53. Hilton E, Haslett TM, Borenstein MT, Tucci V, Isenberg HD, Singer C (1988) Central catheter infections: single- versus triple-lumen catheters. Influence of guide wires on infection rates when used for replacement of catheters. *Am J Med* 84:667–672
54. Farkas JC, Liu N, Blierot JP, Chevret S, Goldstein FW, Carlet J (1992) Single- versus triple-lumen central catheter-related sepsis: a prospective randomized study in a critically ill population. *Am J Med* 93:277–282
55. Gil RT, Kruse JA, Thill-Baharozian MC, Carlson RW (1989) Triple- vs single-lumen central venous catheters. A prospective study in a critically ill population. *Arch Intern Med* 149:1139–1143
56. Lee RB, Buckner M, Sharp KW (1988) Do multi-lumen catheters increase central venous catheter sepsis compared to single-lumen catheters? *J Trauma* 28:1472–1475
57. Bach A (1999) Antimicrobial-impregnated central venous catheters. *N Engl J Med* 340:1761
58. Bach A (1999) Efficacy of antibiotic-coated central venous catheters. *Crit Care Med* 27:1217
59. Bach A, Eberhardt H, Frick A, Schmidt H, Bottiger BW, Martin E (1999) Efficacy of silver-coating central venous catheters in reducing bacterial colonization. *Crit Care Med* 27:515–521
60. Ciresi DL, Albrecht RM, Volkens PA, Scholten DJ (1996) Failure of antiseptic bonding to prevent central venous catheter-related infection and sepsis. *Am Surg* 62:641–646
61. Pemberton LB, Ross V, Cuddy P, Kremer H, Fessler T, McGurk E (1996) No difference in catheter sepsis between standard and antiseptic central venous catheters. A prospective randomized trial. *Arch Surg* 131:986–989
62. Raad I, Darouiche R, Dupuis J et al. (1997) Central venous catheters coated with minocycline and rifampin for the prevention of catheter-related colonization and bloodstream infections. A randomized, double-blind trial. The Texas Medical Center Catheter Study Group. *Ann Intern Med* 127:267–274
63. Veenstra DL, Saint S, Saha S, Lumley T, Sullivan SD (1999) Efficacy of antiseptic-impregnated central venous catheters in preventing catheter-related bloodstream infection: a meta-analysis. *JAMA* 281:261–267
64. Flowers RH, III, Schwenzler KJ, Kopel RF, Fisch MJ, Tucker SI, Farr BM (1989) Efficacy of an attachable subcutaneous cuff for the prevention of intravascular catheter-related infection. A randomized, controlled trial. *JAMA* 261:878–883
65. McKinley S, Mackenzie A, Finfer S, Ward R, Penfold J (1999) Incidence and predictors of central venous catheter related infection in intensive care patients. *Anaesth Intensive Care* 27:164–169
66. Richet H, Hubert B, Nitemberg G, Andreumont A, Buu-Hoi A, Ourbak P, Galicier C, Veron M, Boisivon A, Bouvier AM (1990) Prospective multicenter study of vascular-catheter-related complications and risk factors for positive central-catheter cultures in intensive care unit patients. *J Clin Microbiol* 28:2520–2525
67. Rodriguez CG, Romerom RA, Carrasco JN, las Cuevas TC (1998) Descriptive study of infections cause by central venous catheters with peripheral insertion. *Enferm Intensiva* 9:115–120
68. Raad II, Hohn DC, Gilbreath BJ, Suleiman N, Hill LA, Brusco PA, Marts K, Mansfield PF, Bodey GP (1994) Prevention of central venous catheter-related infections by using maximal sterile barrier precautions during insertion. *Infect Control Hosp Epidemiol* 15:231–238
69. Lim SH, Smith MP, Salooja N, Machin SJ, Goldstone AH (1991) A prospective randomized study of prophylactic teicoplanin to prevent early Hickman catheter-related sepsis in patients receiving intensive chemotherapy for haematological malignancies. *J Antimicrob Chemother* 28:109–116
70. Ljungman P, Hagglund H, Bjorkstrand B, Lonnqvist B, Ringden O (1997) Perioperative teicoplanin for prevention of gram-positive infections in neutropenic patients with indwelling central venous catheters: a randomized, controlled study. *Support Care Cancer* 5:485–488
71. Carratala J (2001) Role of antibiotic prophylaxis for the prevention of intravascular catheter-related infection. *Clin Microbiol Infect* 7 [Suppl 4]:83–90
72. Hoffmann KK, Weber DJ, Samsa GP, Rutala WA (1992) Transparent polyurethane film as an intravenous catheter dressing. A meta-analysis of the infection risks. *JAMA* 267:2072–2076
73. Powell CR, Traetow MJ, Fabri PJ, Kudsk KA, Ruberg RL (1985) Op-Site dressing study: a prospective randomized study evaluating povidone iodine ointment and extension set changes with 7-day Op-Site dressings applied to total parenteral nutrition subclavian sites. *JPEN J Parenter Enteral Nutr* 9:443–446
74. Maki DG, Stolz SS, Wheeler S, Mermel LA (1994) A prospective, randomized trial of gauze and two polyurethane dressings for site care of pulmonary artery catheters: implications for catheter management. *Crit Care Med* 22:1729–1737
75. Nikolettis S, Leslie G, Gandossi S, Coombs G, Wilson R (1999) A prospective, randomized, controlled trial comparing transparent polyurethane

- and hydrocolloid dressings for central venous catheters. *Am J Infect Control* 27:488–496
76. Frey P, Christ A (1998) Katheterversorgung mit transparenten Folienverbänden. Teil 1. *Heilberufe* 50:38–39
  77. Frey P, Christ A (1998) Katheterversorgung mit transparenten Folienverbänden. Teil 2. *SO[6]*:32–34
  78. Maki DG, Ringer M, Alvarado CJ (1991) Prospective randomised trial of povidone-iodine, alcohol, and chlorhexidine for prevention of infection associated with central venous and arterial catheters. *Lancet* 338:339–343
  79. Levin A, Mason AJ, Jindal KK, Fong IW, Goldstein MB (1991) Prevention of hemodialysis subclavian vein catheter infections by topical povidone-iodine. *Kidney Int* 40:934–938
  80. Cobb DK, High KP, Sawyer RG et al. (1992) A controlled trial of scheduled replacement of central venous and pulmonary-artery catheters. *N Engl J Med* 327:1062–1068
  81. Young GP, Alexeyeff M, Russell DM, Thomas RJ (1988) Catheter sepsis during parenteral nutrition: the safety of long-term OpSite dressings. *JPEN J Parenter Enteral Nutr* 12:365–370
  82. Irwin GR Jr, Hart RJ, Martin CM (1973) Pathogenesis and prevention of intravenous catheter infections. *Yale J Biol Med* 46:85–93
  83. Maki DG, Band JD (1981) A comparative study of polyantibiotic and iodophor ointments in prevention of vascular catheter-related infection. *Am J Med* 70:739–744
  84. Hill RL, Fisher AP, Ware RJ, Wilson S, Casewell MW (1990) Mupirocin for the reduction of colonization of internal jugular cannulae – a randomized controlled trial. *J Hosp Infect* 15:311–321
  85. Henkel T, Finlay J (1999) Emergence of resistance during mupirocin treatment: is it a problem in clinical practice? *J Chemother* 11:331–337
  86. Mimoz O, Pieroni L, Lawrence C, Edouard A, Costa Y, Samii K, Brun-Buisson C (1996) Prospective, randomized trial of two antiseptic solutions for prevention of central venous or arterial catheter colonization and infection in intensive care unit patients. *Crit Care Med* 24:1818–1823
  87. Maki DG, Mermel LA, Klugar D et al. (2000) The efficacy of a chlorhexidine impregnated sponge (Biopatch) for the prevention of intravascular catheter-related infection – a prospective randomized controlled multicenter study (Abstract). Program and Abstracts, Interscience Conference on Antimicrobial Agents and Chemotherapy. Toronto, Ontario, Canada
  88. Bonawitz SC, Hammell EJ, Kirkpatrick JR (1991) Prevention of central venous catheter sepsis: a prospective randomized trial. *Am Surg* 57:618–623
  89. Cook D, Randolph A, Kernerman P, Cupido C, King D, Soukup C, Brun-Buisson C (1997) Central venous catheter replacement strategies: a systematic review of the literature. *Crit Care Med* 25:1417–1424
  90. Mermel LA, Farr BM, Sherertz RJ, Raad II, O'Grady N, Harris JS, Craven DE (2001) Guidelines for the management of intravascular catheter-related infections. *Clin Infect Dis* 32:1249–1272
  91. Fatkenheuer G, Buchheidt D, Fuhr HG et al. (2001) Venous catheter-associated infections in patients with neutropenia. *Dtsch Med Wochenschr* 126:89–95
  92. Raad II, Luna M, Khalil SA, Costerton JW, Lam C, Bodey GP (1994) The relationship between the thrombotic and infectious complications of central venous catheters. *JAMA* 271:1014–1016
  93. Smith S, Dawson S, Hennessey R, Andrew M (1991) Maintenance of the patency of indwelling central venous catheters: is heparin necessary? *Am J Pediatr Hematol Oncol* 13:141–143
  94. Stephens LC, Haire WD, Tarantolo S, Reed E, Schmit-Pokorny K, Kessinger A, Klein R (1997) Normal saline versus heparin flush for maintaining central venous catheter patency during apheresis collection of peripheral blood stem cells (PBSC). *Transfus Sci* 18:187–193
  95. Morgan SK, Grush OC, Jernigan D (1989) Unexplained bleeding associated with central venous catheter care. *Am J Pediatr Hematol Oncol* 11:447–449
  96. Henrickson KJ, Axtell RA, Hoover SM, Kuhn SM, Pritchett J, Kehl SC, Klein JP (2000) Prevention of central venous catheter-related infections and thrombotic events in immunocompromised children by the use of vancomycin/ciprofloxacin/heparin flush solution: A randomized, multicenter, double-blind trial. *J Clin Oncol* 18:1269–1278
  97. Kacica MA, Horgan MJ, Ochoa L, Sandler R, Lepow ML, Venezia RA (1994) Prevention of gram-positive sepsis in neonates weighing less than 1500 grams. *J Pediatr* 125:253–258
  98. Rackoff WR, Weiman M, Jakobowski D et al. (1995) A randomized, controlled trial of the efficacy of a heparin and vancomycin solution in preventing central venous catheter infections in children. *J Pediatr* 127:147–151
  99. Schwartz C, Henrickson KJ, Roghmann K, Powell K (1990) Prevention of bacteremia attributed to luminal colonization of tunneled central venous catheters with vancomycin-susceptible organisms. *J Clin Oncol* 8:1591–1597
  100. Spafford PS, Sinkin RA, Cox C, Reubens L, Powell KR (1994) Prevention of central venous catheter-related coagulase-negative staphylococcal sepsis in neonates. *J Pediatr* 125:259–263
  101. Carratala J (2002) The antibiotic-lock technique for therapy of „highly needed“ infected catheters. *Clin Microbiol Infect* 8:282–289
  102. Carratala J, Niubo J, Fernandez-Sevilla A et al. (1999) Randomized, double-blind trial of an antibiotic-lock technique for prevention of gram-positive central venous catheter-related infection in neutropenic patients with cancer. *Antimicrob Agents Chemother* 43:2200–2204
  103. De Villermay D (1995) The Bionecteur, a cunning catheterization accessory. *Rev Infirm* 7:17–19
  104. Seymour VM, Dhallu TS, Moss HA, Tebbs SE, Elliot TS (2000) A prospective clinical study to investigate the microbial contamination of a needleless connector. *J Hosp Infect* 45:165–168
  105. Segura M, Alvarez-Lerma F, Tellado JM et al. (1996) A clinical trial on the prevention of catheter-related sepsis using a new hub model. *Ann Surg* 223:363–369
  106. Fontaine PJ (1991) Performance of a new softening expanding midline catheter in home intravenous therapy patients. *J Intraven Nurs* 14:91–99
  107. Gardner RM, Schwartz R, Wong HC, Burke JP (1974) Percutaneous indwelling radial-artery catheters for monitoring cardiovascular function. Prospective study of the risk of thrombosis and infection. *N Engl J Med* 290:1227–1231
  108. Band JD, Maki DG (1979) Infections caused by arterial catheters used for hemodynamic monitoring. *Am J Med* 67:735–741
  109. Raad I, Umphrey J, Khan A, Truett LJ, Bodey GP (1993) The duration of placement as a predictor of peripheral and pulmonary arterial catheter infections. *J Hosp Infect* 23:17–26
  110. Franceschi D, Gerding RL, Phillips G, Fratianne RB (1989) Risk factors associated with intravascular catheter infections in burned patients: a prospective, randomized study. *J Trauma* 29:811–816
  111. Lange R, Neander K-D (1991) Wie lange können arterielle Spül-/Drucksysteme belassen werden? *Die Schwester/Der Pfleger* 30:487–490
  112. Pinilla JC, Ross DF, Martin T, Crump H (1983) Study of the incidence of intravascular catheter infection and associated septicemia in critically ill patients. *Crit Care Med* 11:21–25
  113. Singh S, Nelson N, Acosta I, Check FE, Puri VK (1982) Catheter colonization and bacteremia with pulmonary and arterial catheters. *Crit Care Med* 10:736–739
  114. Maki DG, Hassemer CA (1981) Endemic rate of fluid contamination and related septicemia in arterial pressure monitoring. *Am J Med* 70:733–738
  115. Furfaro S, Gauthier M, Lacroix J, Nadeau D, Lafleur L, Mathews S (1991) Arterial catheter-related infections in children. A 1-year cohort analysis. *Am J Dis Child* 145:1037–1043
  116. Kac G, Durain E, Amrein C, Herisson E, Fiemeyer A, Buu-Hoi A (2001) Colonization and infection of pulmonary artery catheter in cardiac surgery patients: epidemiology and multivariate analysis of risk factors. *Crit Care Med* 29:971–975
  117. Mermel LA, McCormick RD, Springman SR, Maki DG (1991) The pathogenesis and epidemiology of catheter-related infection with pulmonary artery Swan-Ganz catheters: a prospective study utilizing molecular subtyping. *Am J Med* 91:1975–2055
  118. Rello J, Coll P, Net A, Prats G (1993) Infection of pulmonary artery catheters. Epidemiologic characteristics and multivariate analysis of risk factors. *Chest* 103:132–136
  119. Frezza EE, Mezgebe H (1998) Indications and complications of arterial catheter use in surgical or medical intensive care units: analysis of 4932 patients. *Am Surg* 64:127–131
  120. Thomas F, Burke JP, Parker J et al. (1983) The risk of infection related to radial vs femoral sites for arterial catheterization. *Crit Care Med* 11:807–812
  121. Senagore A, Waller JD, Bonnell BW, Bursch LR, Scholten DJ (1987) Pulmonary artery catheterization: a prospective study of internal jugular and subclavian approaches. *Crit Care Med* 15:35–37
  122. Beck-Sague CM, Jarvis WR (1989) Epidemic bloodstream infections associated with pressure transducers: a persistent problem. *Infect Control Hosp Epidemiol* 10:54–59

123. Mermel LA, Maki DG (1989) Epidemic bloodstream infections from hemodynamic pressure monitoring: signs of the times. *Infect Control Hosp Epidemiol* 10:47–53
124. Villarino ME, Jarvis WR, O'Hara C, Bresnahan J, Clark N (1989) Epidemic of *Serratia marcescens* bacteremia in a cardiac intensive care unit. *J Clin Microbiol* 27:2433–2436
125. Crow S, Conrad SA, Chaney-Rowell C, King JW (1989) Microbial contamination of arterial infusions used for hemodynamic monitoring: a randomized trial of contamination with sampling through conventional stopcocks versus a novel closed system. *Infect Control Hosp Epidemiol* 10:557–561
126. Solomon SL, Alexander H, Eley JW et al. (1986) Nosocomial fungemia in neonates associated with intravascular pressure-monitoring devices. *Pediatr Infect Dis* 5:680–685
127. Weems JJ, Jr, Chamberland ME, Ward J, Willy M, Padhye AA, Solomon SL (1987) *Candida parapsilosis* fungemia associated with parenteral nutrition and contaminated blood pressure transducers. *J Clin Microbiol* 25:1029–1032
128. Anonymus (1993) Evaluation of the effects of heparinized and nonheparinized flush solutions on the patency of arterial pressure monitoring lines: the AACN Thunder Project. By the American Association of Critical-Care Nurses. *Am J Crit Care* 2:3–15
129. Clifton GD, Branson P, Kelly HJ, Dotson LR, Record KE, Phillips BA, Thompson JR (1991) Comparison of normal saline and heparin solutions for maintenance of arterial catheter patency. *Heart Lung* 20:115–118
130. Branson PK, McCoy RA, Phillips BA, Clifton GD (1993) Efficacy of 1.4 percent sodium citrate in maintaining arterial catheter patency in patients in a medical ICU. *Chest* 103:882–885
131. Leroy O, Billiau V, Beuscart C, Santre C, Chidiac C, Ramage C, Mouton Y (1989) Nosocomial infections associated with long-term radial artery cannulation. *Intensive Care Med* 15:241–246
132. Blot F, Chachaty E, Raynard B, Antoun S, Bourgain JL, Nitenberg G (2001) Mechanisms and risk factors for infection of pulmonary artery catheters and introducer sheaths in cancer patients admitted to an intensive care unit. *J Hosp Infect* 48:289–297
133. Luskin RL, Weinstein RA, Nathan C, Chamberlain WH, Kabins SA (1986) Extended use of disposable pressure transducers. A bacteriologic evaluation. *JAMA* 255:916–920
134. McLane C, Morris L, Holm K (1998) A comparison of intravascular pressure monitoring system contamination and patient bacteremia with use of 48- and 72-hour system change intervals. *Heart Lung* 27:200–208
135. O'Malley MK, Rhame FS, Cerra FB, McComb RC (1994) Value of routine pressure monitoring system changes after 72 hours of continuous use. *Crit Care Med* 22:1424–1430
136. Shinozaki T, Deane RS, Mazuzan JE, Jr, Hamel AJ, Hazelton D (1983) Bacterial contamination of arterial lines. A prospective study. *JAMA* 249:223–225
137. Gurudev KC, Ramkumar TS, Pathak V, Prabhakar KS, Bhaskar S, Prakash KC, Mani MK (1992) Subclavian vein catheters for haemodialysis with and without a subcutaneous tunnel. *J Assoc Physicians India* 40:370–373
138. Moss AH, McLaughlin MM, Lempert KD, Holley JL (1988) Use of a silicone catheter with a Dacron cuff for dialysis short-term vascular access. *Am J Kidney Dis* 12:492–498
139. Bambauer R, Mestres P, Pirrung KJ (1992) Frequency, therapy, and prevention of infections associated with large bore catheters. *ASAIO J* 38:96–101
140. Trerotola SO, Johnson MS, Shah H et al. (1998) Tunneled hemodialysis catheters: use of a silver-coated catheter for prevention of infection—a randomized study. *Radiology* 207:491–496
141. Souweine B, Traore O, Aublet-Cuvelier B et al. (1999) Dialysis and central venous catheter infections in critically ill patients: results of a prospective study. *Crit Care Med* 27:2394–2398
142. Zaleski GX, Funaki B, Lorenz JM, Garofalo RS, Moscatel MA, Rosenblum JD, Leef JA (1999) Experience with tunneled femoral hemodialysis catheters. *AJR Am J Roentgenol* 172:493–496
143. Sesso R, Barbosa D, Leme IL et al. (1998) *Staphylococcus aureus* prophylaxis in hemodialysis patients using central venous catheter: effect of mupirocin ointment. *J Am Soc Nephrol* 9:1085–1092
144. Bard H, Albert G, Teasdale F, Doray B, Martineau B (1973) Prophylactic antibiotics in chronic umbilical artery catheterization in respiratory distress syndrome. *Arch Dis Child* 48:630–635
145. Krauss AN, Albert RF, Kannan MM (1970) Contamination of umbilical catheters in the newborn infant. *J Pediatr* 77:965–969
146. Landers S, Moise AA, Fraley JK, Smith EO, Baker CJ (1991) Factors associated with umbilical catheter-related sepsis in neonates. *Am J Dis Child* 145:675–680
147. Balagtas RC, Bell CE, Edwards LD, Levin S (1971) Risk of local and systemic infections associated with umbilical vein catheterization: a prospective study in 86 newborn patients. *Pediatrics* 48:359–367
148. Barrington KJ (2000) Umbilical artery catheters in the newborn: effects of catheter materials. *Cochrane Database Syst Rev* CD000949
149. Barrington KJ (2000) Umbilical artery catheters in the newborn: effects of catheter design (end vs side hole). *Cochrane Database Syst Rev* CD000508
150. Green C, Yohannan MD (1998) Umbilical arterial and venous catheters: placement, use, and complications. *Neonatal Netw* 17:23–28
151. Khilnani P, Goldstein B, Todres ID (1991) Double lumen umbilical venous catheters in critically ill neonates: a randomized prospective study. *Crit Care Med* 19:1348–1351
152. Pinheiro JM, Fisher MA (1992) Use of a triple-lumen catheter for umbilical venous access in the neonate. *J Pediatr* 120:624–626
153. Linder N, Davidovitch N, Reichman B et al. (1997) Topical iodine-containing antiseptics and subclinical hypothyroidism in preterm infants. *J Pediatr* 131:434–439
154. Miller KL, Coen PE, White WJ, Hurst WJ, Achey BE, Lang CM (1989) Effectiveness of skin absorption of tincture of I in blocking radioiodine from the human thyroid gland. *Health Phys* 56:911–914
155. Adam RD, Edwards LD, Becker CC, Schrom HM (1982) Semiquantitative cultures and routine tip cultures on umbilical catheters. *J Pediatr* 100:123–126
156. Barrington KJ (2000) Umbilical artery catheters in the newborn: effects of heparin. *Cochrane Database Syst Rev* CD000507
157. Ankola PA, Atakent YS (1993) Effect of adding heparin in very low concentration to the infusate to prolong the patency of umbilical artery catheters. *Am J Perinatol* 10:229–232
158. Willnow U (1998) Implantable catheter systems. *Schweiz Rundsch Med Prax* 87:1135–1139
159. Schuman ES, Winters V, Gross GF, Hayes JF (1985) Management of Hickman catheter sepsis. *Am J Surg* 149:627–628
160. Pegues D, Axelrod P, McClarren C et al. (1992) Comparison of infections in Hickman and implanted port catheters in adult solid tumor patients. *J Surg Oncol* 49:156–162
161. Hadjilaskari P, Bruhmuller S, Fengler R, Hartmann R, Waldschmidt J, Henze G (1990) Long-term experiences with central venous catheters in pediatric oncology. *Monatsschr Kinderheilkd* 138:26–30
162. Stamou SC, Maltezou HC, Pourtsidis A, Psaltopoulou T, Skondras C, Aivazoglou T (1999) Hickman-Broviac catheter-related infections in children with malignancies. *Mt Sinai J Med* 66:320–326
163. Johnson PR, Decker MD, Edwards KM, Schaffner W, Wright PF (1986) Frequency of broviac catheter infections in pediatric oncology patients. *J Infect Dis* 154:570–578
164. Elishoov H, Or R, Strauss N, Engelhard D (1998) Nosocomial colonization, septicemia, and Hickman/Broviac catheter-related infections in bone marrow transplant recipients. A 5-year prospective study. *Medicine (Baltimore)* 77:83–101
165. Baier PK, Pisarski P, Imdahl A (2000) Implanted venous catheters and port systems. *MMW Fortschr Med* 142:38–40
166. Pongratz S, Maier-Doberberger TM, Lochs H (1994) Home parenteral nutrition with a completely implantable catheter (Port-a-Cath). *Aktuelle Ernährungsmedizin* 19:25–28
167. Early TF, Gregory RT, Wheeler JR, Snyder SO, Jr, Gayle RG (1990) Increased infection rate in double-lumen versus single-lumen Hickman catheters in cancer patients. *South Med J* 83:34–36
168. Newman KA, Reed WP, Schimpff SC, Bustamante CI, Wade JC (1993) Hickman catheters in association with intensive cancer chemotherapy. *Support Care Cancer* 1:92–97
169. Tavecchio L, Bedini AV, Lanocita R, Patelli GL, Donati I, Ravasi G (1996) Long-term infusion in cancer chemotherapy with the Groshong catheter via the inferior vena cava. *Tumori* 82:372–375
170. Elduayen B, Martinez-Cuesta A, Vivas I, Delgado C, Pueyo JC, Bilbao JI (2000) Central venous catheter placement in the inferior vena cava via the direct translumbar approach. *Eur Radiol* 10:450–454
171. Craft PS, May J, Dorigo A, Hoy C, Plant A (1996) Hickman catheters: left-sided insertion, male gender, and obesity are associated with an increased risk of complications. *Aust N Z J Med* 26:33–39
172. Ahmed Z, Mohyuddin Z (1998) Complications associated with different insertion techniques for Hickman catheters. *Postgrad Med J* 74:104–107
173. Bakker J, van Overhagen H, Wielenga J, de Marie S, Nouwen J, de Ridder MA, Lameris JS (1998) Infectious complications of radiologically inserted Hickman catheters in patients with hematologic disorders. *Cardiovasc Intervent Radiol* 21:116–121

174. Nouwen JL, Wielenga JJ, van Overhagen H et al. (1999) Hickman catheter-related infections in neutropenic patients: insertion in the operating theater versus insertion in the radiology suite. *J Clin Oncol* 17:1304
175. Hayward SR, Ledgerwood AM, Lucas CE (1990) The fate of 100 prolonged venous access devices. *Am Surg* 56:515–519
176. Morton JE, Jan-Mohamed RM, Barker HF, Milligan DW (1991) Percutaneous insertion of subclavian Hickman catheters. *Bone Marrow Transplant* 7:39–41
177. Al Sibai MB, Harder EJ, Faskin RW, Johnson GW, Padmos MA (1987) The value of prophylactic antibiotics during the insertion of long-term indwelling silastic right atrial catheters in cancer patients. *Cancer* 60:1891–1895
178. Giacchino M, Vai S, Savant-Levet P et al. (1996) Indwelling central venous catheters after discontinuation of therapy and risk of infection in children with cancer. *Minerva Pediatr* 48:445–449
179. Mirro J Jr, Rao BN, Kumar M et al. (1990) A comparison of placement techniques and complications of externalized catheters and implantable port use in children with cancer. *J Pediatr Surg* 25:120–124
180. Ballarini C, Intra M, Pisani CA et al. (1999) Complications of subcutaneous infusion port in the general oncology population. *Oncology* 56:97–102
181. Barrios CH, Zuke JE, Blaes B, Hirsch JD, Lyss AP (1992) Evaluation of an implantable venous access system in a general oncology population. *Oncology* 49:474–478
182. de Gregorio MA, Miguélena JM, Fernandez JA, de Gregorio C, Tres A, Alfonso ER (1996) Subcutaneous ports in the radiology suite: an effective and safe procedure for care in cancer patients. *Eur Radiol* 6:748–752
183. Brothers TE, Von Moll LK, Niederhuber JE, Roberts JA, Walker-Andrews S, Ensminger WD (1988) Experience with subcutaneous infusion ports in three hundred patients. *Surg Gynecol Obstet* 166:295–301
184. Denny DF Jr (1993) Placement and management of long-term central venous access catheters and ports. *AJR Am J Roentgenol* 161:385–393
185. Haindl H, Müller H, Schmoll E (1993) *Portsysteme*. Springer, Berlin, Heidelberg
186. Gorbea HF, Snyderman DR, Delaney A, Stockman J, Martin WJ (1984) Intravenous tubing with burettes can be safely changed at 48-hour intervals. *JAMA* 251:2112–2115
187. Maki DG, Botticelli JT, LeRoy ML, Thielke TS (1987) Prospective study of replacing administration sets for intravenous therapy at 48- vs 72-hour intervals. 72 hours is safe and cost-effective. *JAMA* 258:1777–1781
188. Band JD, Maki DG (1979) Safety of changing intravenous delivery systems at longer than 24-hour intervals. *Ann Intern Med* 91:173–178
189. Snyderman DR, Donnelly-Reidy M, Perry LK, Martin WJ (1987) Intravenous tubing containing burettes can be safely changed at 72 hour intervals. *Infect Control* 8:113–116
190. Josephson A, Gombert ME, Sierra MF, Karanfil LV, Tansino GF (1985) The relationship between intravenous fluid contamination and the frequency of tubing replacement. *Infect Control* 6:367–370
191. Jakobsen CJ, Grabe N, Nielsen E et al. (1986) Contamination of intravenous infusion systems—the effect of changing administration sets. *J Hosp Infect* 8:217–223
192. Carbognani D, Raveneau J, Cazalaa JB, Nguyen HN, Vernon M, Barrier G (1988) Contamination by microorganisms of the lines of AVI 200 perfusion pumps after 24, 48 and 72 hours' use. Preliminary results. *Agressologie* 29:833–840
193. Matlow AG, Kitai I, Kirpalani H et al. (1999) A randomized trial of 72- versus 24-hour intravenous tubing set changes in newborns receiving lipid therapy. *Infect Control Hosp Epidemiol* 20:487–493
194. Didier ME, Fischer S, Maki DG (1998) Total nutrient admixtures appear safer than lipid emulsion alone as regards microbial contamination: growth properties of microbial pathogens at room temperature. *JPEN J Parenter Enteral Nutr* 22:291–296
195. Sitges-Serra A, Linares J, Perez JL, Jaurrieta E, Lorente L (1985) A randomized trial on the effect of tubing changes on hub contamination and catheter sepsis during parenteral nutrition. *JPEN J Parenter Enteral Nutr* 9:322–325
196. Robathan G, Woodger S, Merante D (1995) A prospective study evaluating the effects of extending total parenteral nutrition line changes to 72 hours. *J Intraven Nurs* 18:84–87
197. Bundesärztekammer (2000) Richtlinien zur Gewinnung von Blut und Blutbestandteilen und zur Anwendung von Blutprodukten (Hämotherapie). *Bundesgesundheitsblatt*, 43:555–589
198. Sitges-Serra A (1999) Strategies for prevention of catheter-related bloodstream infections. *Support Care Cancer* 7:391–395
199. Salzman MB, Isenberg HD, Rubin LG (1993) Use of disinfectants to reduce microbial contamination of hubs of vascular catheters. *J Clin Microbiol* 31:475–479
200. Bivins BA, Rapp RP, DeLuca PP, McKean H, Griffen WO Jr (1979) Final inline filtration: a means of decreasing the incidence of infusion phlebitis. *Surgery* 85:388–394
201. Falchuk KH, Peterson L, McNeil BJ (1985) Microparticulate-induced phlebitis. Its prevention by in-line filtration. *N Engl J Med* 312:78–82
202. DeLuca PP, Rapp RP, Bivins B, McKean HE, Griffen WO (1975) Filtration and infusion phlebitis: a double-blind prospective clinical study. *Am J Hosp Pharm* 32:1001–1007
203. Baumgartner TG, Schmidt GL, Thakker KM et al. (1986) Bacterial endotoxin retention by inline intravenous filters. *Am J Hosp Pharm* 43:681–684
204. Beham A, Necek S (1981) Bacteriological and technical testing of an 0.2-micrometer air-eliminating infusion filter (author's transl). *Anaesthesist* 30:427–429
205. Geiss HK, Batzer A, Sonntag HG (1992) Untersuchung zur Keimrückhaltung von In-line-Infusionsfiltern in der Intensivmedizin. *Hygiene und Medizin* 17:412–426
206. Newall F, Ranson K, Robertson J (1998) Use of in-line filters in pediatric intravenous therapy. *J Intraven Nurs* 21:166–170
207. Keammerer D, Mayhall CG, Hall GO, Pesko LJ, Thomas RB (1983) Microbial growth patterns in intravenous fat emulsions. *Am J Hosp Pharm* 40:1650–1653
208. Melly MA, Meng HC, Schaffner W (1975) Microbiol growth in lipid emulsions used in parenteral nutrition. *Arch Surg* 110:1479–1481
209. Gilbert M, Gallagher SC, Eads M, Elmore MF (1986) Microbial growth patterns in a total parenteral nutrition formulation containing lipid emulsion. *JPEN J Parenter Enteral Nutr* 10:494–497
210. Ohlsson LJ, Rydberg TS, Eden T, Glimhall BA, Thulin LA (1995) Microbiologic and economic evaluation of multiday infusion pumps for control of cancer pain. *Ann Pharmacother* 29:972–976
211. Alter MJ, Ahtone J, Maynard JE (1983) Hepatitis B virus transmission associated with a multiple-dose vial in a hemodialysis unit. *Ann Intern Med* 99:330–333
212. Kothari T, Reyes MP, Brooks N (1977) Pseudomonas cepacia septic arthritis due to intra-articular injections of methylprednisolone. *Can Med Assoc J* 116:1230, 1232, 1235
213. Nakashima AK, Highsmith AK, Martone WJ (1987) Survival of *Serratia marcescens* in benzalkonium chloride and in multiple-dose medication vials: relationship to epidemic septic arthritis. *J Clin Microbiol* 25:1019–1021
214. Oren I, Hershow RC, Ben Porath E et al. (1989) A common-source outbreak of fulminant hepatitis B in a hospital. *Ann Intern Med* 110:691–698
215. Hauer T, Dziekan G, Kruger WA, Ruden H, Daschner F (2000) Reasonable and unreasonable hygiene measures in anesthesia in the intensive care unit. *Anaesthesist* 49:96–101
216. Melnyk PS, Shevchuk YM, Conly JM, Richardson CJ (1993) Contamination study of multiple-dose vials. *Ann Pharmacother* 27:274–278
217. Plott RT, Wagner RF Jr, Tyring SK (1990) Iatrogenic contamination of multidose vials in simulated use. A reassessment of current patient injection technique. *Arch Dermatol* 126:1441–1444
218. Ohgke H, Krauß R (1997) Senkung des Kontaminationsrisikos bei der Entnahme von Medikamenten aus Mehrdosisbehältnissen. *Die Schwester/Der Pfleger* 5
219. Santell JP (1992) Expiration dating of multi-dose vials. *Am J Hosp Pharm* 49:2672–2673