



**[CDC 2011]**

Centers for Disease Control and Prevention

**血管内カテーテル関連感染防止  
CDCガイドライン2011**

Guidelines for the Prevention of Intravascular Catheter-Related Infections, 2011

**【監修】 森兼啓太** / 山形大学医学部附属病院 検査部部长・病院教授 感染制御部部长

# 全文の発出にあたり

本ガイドラインは、「血管内カテーテル関連感染防止のためのガイドライン」2002年版の改訂版である。改訂作業には、文献検索からドラフト作成、パブリックコメント募集とその反映に至るまで、数年間を要した。近年、感染制御に関連する研究成果はめざましいものがある。改訂作業中にも次々と新たなエビデンスが出現し、作成にあたった委員達は大変苦勞したことであろう。

アメリカにおける中心ライン関連BSIは、1990年代後半からすでに減少傾向にあったが、2002年に上記ガイドラインが出されて対策が普及し、一層の減少傾向が見られた。もうこれ以上減らせないのではないか、というレベルにまで至っている。それでもなお一層BSIを低減させるために、様々な面から対策の研究が行われ、多施設における無作為化比較試験もさかんに行われている。一方、メーカーは器材開発の手をゆるめず、刺入部のドレッシング、抗菌薬・消毒薬含浸カテーテル、ハブの汚染防止機構など様々な感染対策用器材が実用化されている。職業安全の観点からもニードルレスコネクターをはじめとする様々な器材が開発され、現場で有効に活用されている。究極の目標は、カテーテル関連BSIをゼロにすることであるが、限定的条件ながらこれを達成しつつあるグループもある。

これらの対策はBSIを低下させる一方で、病院にとっては新たな費用負担を生じる可能性がある。従って、無駄な感染対策に経費をかけないことも重要であり、末梢ラインの刺し替えや輸液セットの交換頻度などが2002年版より長くなったことは評価できる。また、感染対策以外の様々な要因（医療安全など）も考慮に入れられて勧告レベルが決定されていると思われ、中心ラインの挿入部位として鎖骨下静脈を第一選択とする推奨のレベルが下げられたのはその表れと言えよう。

以上のようなエビデンスに基づくBSI防止対策も、それを実際に実行するスタッフの遵守度が向上しなければ、絵に描いた餅にすぎない。スタッフの教育や訓練、そして十分な人員の配置、有効な対策を一括して確実に実施する「バンドルアプローチ」などは、効果的な対策を確実に実施するために必要な要素である。この点にまで言及した本ガイドラインは、BSI防止のためのすべてが凝集された、バイブルとも言える文書である。

本ガイドラインの作成に関して残念な点は、2009年に発出された尿路感染対策ガイドラインにおいて用いられた、エビデンスをグレード化して勧告レベルを決定する手法が本ガイドラインにおいて使用されなかった点である。勧告レベルは様々な要因を考慮して決定されたと考えられる。この全文訳の発出によって、勧告文とその推奨カテゴリーのみならずその背景の部分も読むことができ、BSI防止対策に関する皆様の理解が深まる一助となれば幸いである。

山形大学医学部附属病院 検査部・感染制御部  
森兼啓太

## 目次

全文の発出にあたり .....	1
-----------------	---

### ■血管内カテーテル関連感染防止CDCガイドライン2011

医療感染管理業務諮問委員会（HICPAC）.....	6
謝辞.....	9
本ガイドラインを使用する方々へ .....	10
はじめに .....	11

### 血管内カテーテル関連感染防止CDCガイドライン 2011 勧告の要約

教育、トレーニングとスタッフの配置.....	12
カテーテルおよび挿入部位の選択	
末梢カテーテルおよびミッドラインカテーテル.....	12
中心静脈カテーテル.....	13
手指衛生と無菌操作 .....	13
最大滅菌バリアプレコーション .....	14
皮膚消毒 .....	14
カテーテル挿入部位のドレッシング管理.....	14
皮膚の清拭.....	15
カテーテル固定器具 .....	15
抗菌薬／抗菌含浸カテーテルとカフ .....	15
抗菌薬の予防的全身投与 .....	15
抗菌薬／抗生物質軟膏.....	15
抗菌薬ロック、抗菌薬カテーテルフラッシュとカテーテル予防的ロック.....	15
抗凝固薬 .....	15
末梢カテーテルおよびミッドラインカテーテルの交換 .....	16
PICCと血液透析カテーテルを含むCVCの交換.....	16
臍カテーテル .....	16
成人および小児患者に対する末梢動脈カテーテルと血圧モニタリングデバイス.....	17
輸液セットの交換.....	17
ニードルレス血管内カテーテルシステム .....	18
パフォーマンス向上対策 .....	18

### 背景情報

用語とリスク評価.....	19
---------------	----

成人および小児患者の疫学と微生物学.....	21
病因論.....	22

## 成人および小児患者のカテーテル関連感染防止対策

教育、トレーニングとスタッフの配置.....	23
カテーテルおよび挿入部位の選択	
末梢カテーテルおよびミッドラインカテーテルに関する勧告.....	24
中心静脈カテーテルに関する勧告.....	25
手指衛生と無菌操作.....	27
最大滅菌バリアプレコーション.....	28
皮膚消毒.....	29
カテーテル挿入部位のドレッシング管理.....	30
皮膚の清拭.....	32
カテーテル固定器具.....	32
抗菌薬／消毒薬含浸カテーテルとカフ.....	33
抗菌薬の予防的全身投与.....	35
抗菌薬／抗生物質軟膏.....	36
抗菌薬ロック、抗菌薬カテーテルフラッシュとカテーテル予防的ロック.....	37
抗凝固薬.....	39
末梢カテーテルおよびミッドラインカテーテルの交換.....	40
PICCと血液透析カテーテルを含むCVCの交換.....	41
臍カテーテル.....	43
成人および小児患者に対する末梢動脈カテーテルと血圧モニタリングデバイス.....	45
輸液セットの交換.....	47
ニードルレス血管内カテーテルシステム.....	48
パフォーマンス向上対策.....	50

引用文献.....	52
-----------	----

■【付録1】2011版と2002版との主な相違点.....	68
-------------------------------	----

■【付録2】2011版で削除された項目一覧.....	76
----------------------------	----

■【原文】2011 Guidelines for the Prevention of Intravascular Catheter-Related Infections.....	80
---	----

# **血管内カテーテル関連感染防止 CDCガイドライン2011**

# 血管内カテーテル関連感染防止 CDC ガイドライン 2011

Naomi P. O'Grady, M.D.<sup>1</sup>, Mary Alexander, R.N.<sup>2</sup>, Lillian A. Burns, M.T., M.P.H., C.I.C.<sup>3</sup>, E. Patchen Dellinger, M.D.<sup>4</sup>, Jeffery Garland, M.D., S.M.<sup>5</sup>, Stephen O. Heard, M.D.<sup>6</sup>, Pamela A. Lipsett, M.D.<sup>7</sup>, Henry Masur, M.D.<sup>1</sup>, Leonard A. Mermel, D.O., Sc.M.<sup>8</sup>, Michele L. Pearson, M.D.<sup>9</sup>, Issam I. Raad, M.D.<sup>10</sup>, Adrienne Randolph, M.D., M.Sc.<sup>11</sup>, Mark E. Rupp, M.D.<sup>12</sup>, Sanjay Saint, M.D., M.P.H.<sup>13</sup> and the Healthcare Infection Control Practices Advisory Committee (HICPAC)<sup>14</sup>.

*1National Institutes of Health, Bethesda, Maryland*

*2Infusion Nurses Society, Norwood, Massachusetts*

*3Greenwich Hospital, Greenwich, Connecticut*

*4University of Washington, Seattle, Washington*

*5Wheaton Franciscan Healthcare-St. Joseph, Milwaukee, Wisconsin*

*6 University of Massachusetts Medical School, Worcester, Massachusetts*

*7Johns Hopkins University School of Medicine, Baltimore, Maryland*

*8Warren Alpert Medical School of Brown University and Rhode Island Hospital, Providence, Rhode Island*

*9Office of Infectious Diseases, CDC, Atlanta, Georgia*

*10MD Anderson Cancer Center, Houston, Texas*

*11The Children's Hospital, Boston, Massachusetts*

*12University of Nebraska Medical Center, Omaha, Nebraska*

*13Ann Arbor VA Medical Center and University of Michigan, Ann Arbor, Michigan*

## <sup>14</sup> 医療感染管理業務諮問委員会 (HICPAC)

### 委員長

BRENNAN, Patrick J., MD  
Chief Medical Officer  
Division of Infectious Diseases  
University of Pennsylvania Health System

### 事務総長

BELL, Michael R., MD  
Deputy Director  
Division of Healthcare Quality Promotion  
Centers for Disease Control and Prevention

### 委員

BRATZLER, Dale, DO, MPH  
President and CEO  
Oklahoma Foundation for Medical Quality

BURNS, Lillian A., MT, MPH  
Infection Control Coordinator  
Greenwich Hospital, Infectious Diseases Department

ELWARD, Alexis, MD  
Assistant Professor, Pediatrics Infectious Diseases  
Washington University School of Medicine  
Department of Pediatrics  
Division of Infectious Diseases

HUANG, Susan, MD, MPH  
Assistant Professor  
Medical Director, Epidemiology and Infection Prevention  
Division of Infectious Diseases  
UC Irvine School of Medicine

LUNDSTROM, Tammy, MD, JD  
Chief Medical Officer  
Providence Hospital

MCCARTER, Yvette S., PhD  
Director, Clinical Microbiology Laboratory  
Department of Pathology  
University of Florida Health Science Center

MURPHY, Denise M. RN, MPH, CIC  
Vice President, Quality and Patient Safety  
Main Line Health System

OSTROFF, Stephen, MD  
Director, Bureau of Epidemiology  
Pennsylvania Department of Health

OLMSTED, Russell N., MPH, CIC  
Epidemiologist  
Infection Control Services  
St. Joseph Mercy Health System

PEGUES, David Alexander, MD  
Professor of Medicine, Hospital Epidemiologist  
David Geffen School of Medicine at  
UCLA

### 職権委員

#### Agency for Healthcare Research and Quality (AHRQ)

BAINE, William B., MD  
Senior Medical Advisor  
Center for Outcomes and Evidence

#### Center for Medicare & Medicaid Services (CMS)

MILLER, Jeannie, RN, MPH  
Deputy Director, Clinical Standards Group

#### Food and Drug Administration (FDA)

MURPHEY, Sheila A., MD Division of Anesthesiology,  
General Hospital Infection Control Dental Devices  
Center for Devices and Radiology Health

### 連絡担当者

#### Advisory Council for the Elimination of Tuberculosis (ACET)

STRICOF, Rachel L., MPH

#### American College of Occupational and Environmental Medicine

RUSSI, Mark, MD, MPH  
Professor of Medicine  
Yale University School of Medicine  
Director, Occupational Health  
Yale-New Haven Hospital

#### American Health Care Assn (AHCA)

FITZLER, Sandra L., RN  
Senior Director of Clinical Services

#### American Hospital Association (AHA)

SCHULMAN, Roslyne, MHA, MBA  
Director, Policy Development

PRONOVOST, Peter J., MD, PhD, FCCM  
Director, Johns Hopkins Quality and Safety Research  
Group  
Johns Hopkins Quality and Safety Research Group

SOULE, Barbara M., RN, MPA, CIC  
Practice Leader  
Infection Prevention and Control Services  
Joint Commission Resources/Joint  
Commission International

SCHECTER, William, P., MD  
Professor of Surgery  
Department of Surgery  
San Francisco General Hospital

#### National Institute of Health (NIH)

HENDERSON, David, MD  
Deputy Director for Clinical Care  
Associate Director for Hospital Epidemiology and Quality  
Improvement  
NIH Clinical Center

#### Department of Veterans Affairs (VA)

ROSELLE, Gary A., MD  
National Program Director, Infectious Diseases  
VA Central Office  
Cincinnati VA Medical Center

#### Association of Professionals of Infection Control and Epidemiology, Inc. (APIC)

DeBAUN, Barbara, MSN, RN, CIC

#### Association of periOperative Registered Nurses (AORN)

BLANCHARD, Joan C., RN, BSN

#### Council of State and Territorial Epidemiologists (CSTE)

KAINER, Marion MD, MPH  
Director, Hospital Infections and Antimicrobial Resistance  
Program Tennessee Department Health

#### Consumers Union

MCGIFFERT, Lisa  
Senior Policy Analyst on Health Issues  
Project Director Stop Hospital Infections Organization

#### Infectious Disease Society of America (IDSA)

HUSKINS, W. Charles MD, MSc Division of Pediatric Infec-

tious Diseases  
Assistant Professor of Pediatrics  
Mayo Clinic

Public Health Agency of Canada

PATON, Shirley, RN, MN  
Senior Advisor Healthcare Acquired Infections  
Center for Communicable Diseases and Infection Control

Society for Healthcare Epidemiology of America (SHEA)

MARAGAKIS, Lisa, MD Assistant Professor of Medicine

John Hopkins Medical Institutions

Society of Hospital Medicine

SAINT, Sanjay, MD, MPH Director, Ann Arbor VA Medical  
Center/University of Michigan Patient Safety Enhance-  
ment Program

The Joint Commission

WISE, Robert A., MD  
Vice President  
Division of Standards & Survey Methods

記載してある商品名および商品供給元はあくまでも照合を目的とし、米国保健社会福祉省の承認を意味するものではない。

## 謝辞

ここに、ガイドライン作成中に提起された論点を系統的にご調査くださったペンシルベニア総合医療大学・根拠に基づく医療センター（Center for Evidence-based Practice, University of Pennsylvania Health System Philadelphia, PA）のIngi Lee, MD, MSCEおよびCraig A. Umscheid, MD, MSCE両氏に対して感謝の意を表します。

### 利益相反の開示

N.P.O.'G. : 米国内科学会（ABIM）の集中治療医学委員会（Board for Critical Care Medicine）の旧委員。M.A. : 輸液看護協会（Infusion Nurses Society）職員で、3M、Becton Dickinson、Smiths Medical 各社より謝礼受領。L.A.B. : 米国ヘルスケア改善協会（Institute of Healthcare Improvement）相談役、TheradocおよびMedlineの役員。APIC、Cloroxから謝礼受領。E.P.D. : Merck、Baxter、Ortho-McNeil、Targanta、Schering-Plough、Optimer、Cadence、Cardinal、BDGeneOhm、WebEx、Cerebrio、Tycoから専門的助言入手。NIHより助成金援助。Merckより講演費受領。Medscapeより教育用プレゼンテーション開発費受領。ASHP、IDSA、ASM、米国外科学会（American College of Surgeons）、NQF、SHEA/CDC、HHS、ミュンヘンでの外傷・ショック・炎症・敗血症会議（Trauma Shock Inflammation and Sepsis Meeting, ）、ミネソタ大学より出張費および会合経費受領。J.G : Ethiconより謝礼受領。S.O.H. : Angiotechからの研究支援提供。Angiotech、Merckより謝礼受領。L.A.M : Astellas、Theravance、Pfizerからの研究支援提供。Ash Access、Cadence、CorMedix、Catheter Connections、Carefusion、Sage、Bard、Teleflexに専門的助言提供。Catheter Connectionsより原稿作成に対する謝礼受領。I.I.R. : Cubist、Enzon、Basileaからの研究支援提供。Cloroxに専門的助言提供。Great Lakes Pharmaceuticalsの株式またはオプション、発明プロトコール。Cook社のSpeakers Bureauメンバー。自身が考案者であるMD Anderson所有の特許に対する、American Medical Systems、Cook, Inc.、Cook urological、Teleflex、TyRx、Medtronic、Biomet、Great Lakes Pharmaceuticalsからの特許権使用料所得。A.R. : Eisai Pharmaceuticals、Discovery Laboratoriesからの顧問収入。M.E.R. : Molnlycke、Cardinal Healthcare Foundation、Sanofi-Pasteur、3M、Cubistからの研究支援提供。Semprusから専門的助言入手、3M、Carefusion、Baxter、Becton Dickinsonから講演の謝礼受領。米国医療疫学学会（SHEA）の旧理事。他の著者全員には利益相反はない。

## 本ガイドラインを使用する方々へ

2009年、米国疾病管理予防センター（CDC）および医療感染管理業務諮問委員会（HICPAC）は、ガイドライン開発プロセスの中にガイドラインの作成および導入に関する最新情報を組み入れました（<http://www.cdc.gov/hicpac/guidelineMethod/guidelineMethod.html>）。CDCおよびHICPACは、新しいプロセスによってガイドラインの妥当性および有用性を改善できるようになった反面、感染の防止と管理分野に関するガイドラインの作成という課題を背負うことにもなりました。ただし、血管内カテーテル関連感染防止CDCガイドラインは、開発方法が改訂される前に着手してあったもので、本ガイドラインには、2009年以前に作成されたガイドラインで採用された開発方法が反映されています。今後の改訂にあたっては、最新の方法を採用いたします。

本ガイドラインは、血管内カテーテルの挿入を行う医療従事者および病院・外来患者・在宅医療での感染のサーベイランスと管理を行う方々を対象に、クリティカルケア、感染症、医療感染管理、外科、麻酔科、インターベンショナルラジオロジー（IVR）、呼吸器科、小児医療、看護等の専門家組織のメンバーで構成するワーキンググループが作成したものです。同ワーキンググループでは救急医療学会（SCCM）が中心となり、米国感染症学会（IDSA）、米国医療疫学学会（SHEA）、外科感染症学会（SIS）、米国胸部専門医学会（ACCP）、米国胸部学会（ATS）、米国救命医療麻酔専門医学会（ASCCA）、感染管理疫学専門家協会（APIC）、輸液看護協会（INS）、腫瘍看護協会（ONS）、米国静脈経腸栄養学会（ASPEN）、インターベンショナルラジオロジー学会（SIR）、米国小児学会（AAP）、小児感染症学会（PIDS）、CDCのHICPACが協力して、2002年発出の血管内カテーテル関連感染防止ガイドラインを改訂することを目的としました。本ガイドラインの目的は、血管内カテーテル関連感染防止についてエビデンスに基づく勧告を行うことであり、さらに（1）カテーテルの挿入と維持管理を行う医療従事者の教育とトレーニング、（2）中心静脈カテーテル挿入時の最大滅菌バリアプレコーションの適用、（3）皮膚消毒においてアルコールを含んだ0.5%を超える濃度のクロルヘキシジンを使用すること、（4）感染防止の観点から中心静脈カテーテルを日常的に交換しないこと、（5）上記の感染予防策（教育やトレーニング、最大滅菌バリアプレコーション、皮膚消毒におけるアルコールを含んだ0.5%を超える濃度のクロルヘキシジン）を講じても感染発生率が低下しない場合には、消毒薬／抗生物質含浸タイプの短期的中心静脈カテーテルおよびクロルヘキシジン含浸スポンジドレッシングの導入といった各点に重点をおいています。また本ガイドラインでは、「バンドル」としてまとめた対策を実施することによるパフォーマンスの向上、品質保証およびパフォーマンス向上のベンチマークとして、バンドルの各対策への遵守度を文書化・報告させることも強調しています。

CDCおよびHICPACが作成した過去のガイドラインと同じく、本ガイドラインでも各勧告は現存する科学データ、理論的根拠、適用可能性、経済への影響を基に分類してあります。勧告のカテゴリーは次のとおり。

**カテゴリー IA**：導入を強く推奨し、よく計画された実験的、臨床的、疫学的な研究により強力に支持された勧告

**カテゴリー IB**：導入を強く推奨し、いくつかの実験的、臨床的、疫学的研究および理論的根拠、または限られたエビデンスに基づき容認された手法（無菌操作等）により、強力な理論的根拠により支持された勧告

**カテゴリー IC**：米国の州または連邦の規則、規定、基準で要求されている事項

**カテゴリー II**：導入を提案し、示唆に富む臨床、疫学的研究または理論的根拠により支持された事項

**未解決の課題**：エビデンスが不十分または有効性に関して意見の一致がみられない未解決の課題

## はじめに

---

米国では集中治療室（ICU）における中心静脈カテーテル（CVC）の年間使用延べ日数（特定の期間中の特定の集団に属する全患者におけるCVC使用の延べ日数）は1,500万日に達している [1]。これまで血管内カテーテル関連血流感染（CRBSI）についての様々な研究が行われてきた。CRBSIは単独で医療費の上昇および入院期間延長の原因とはなっているものの [2-5]、単独で死亡率が上昇するかどうかは示されていない。ICUにおけるCRBSIの発生件数は年間80,000件にのぼり [1]、ICUに限定せず全病院を対象にした場合、血流感染（BSI）は年間250,000件に達すると見積もられている [6]。いくつかの分析から、これらの感染のコストは、有病率の面からも財政負担の面からも莫大なものとなることがわかっている。患者の転帰を改善し、医療コストを削減することを目的に、医療従事者、保険会社、規制当局および患者代理人がこれらの感染の発生率低下に関し多大な関心を寄せている。この試みは、CVC挿入と抜去を指示する医療専門家、血管内カテーテルの挿入と管理を行う職員、感染管理職員、最高経営責任者（CEO）を含む医療機関管理者、資源の分配を行う医療管理者、自身に挿入されたカテーテル管理を援助することができる患者等全員が参加して総合的に取り組む必要がある。

患者のケアに関連する全領域でCRBSIを排除することが、有効な予防プログラムの目標である。これは確かに困難な課題であり、現在までプログラムは効果的であることが認められているものの、CRBSIを持続的に排除するためには今後も対策を講じる必要がある。本ガイドラインで考察する対策の目標は、対策が有用であるのが特定の患者集団であること、ヒトの環境にはどこにでも微生物が存在すること、最新の戦略および技術に限界があることを考慮に入れて、CRBSI発生率を可能な限り低く抑えることにある。

# 血管内カテーテル関連感染防止CDCガイドライン 2011 勧告の要約

**カテゴリー IA**：導入を強く推奨し、よく計画された実験的、臨床的、疫学的な研究により強力に支持された勧告

**カテゴリー IB**：導入を強く推奨し、いくつかの実験的、臨床的、疫学的研究および理論的根拠、または限られたエビデンスに基づき容認された手法（無菌操作等）により、強力な理論的根拠により支持された勧告

**カテゴリー IC**：米国の州または連邦の規則、規定、基準で要求されている事項

**カテゴリー II**：導入を提案し、示唆に富む臨床、疫学的研究または理論的根拠により支持された事項

**未解決の課題**：エビデンスが不十分または有効性に関して意見の一致がみられない未解決の課題

Summary of Recommendations	2011 Category	2002 Category
<b>教育、トレーニングとスタッフの配置</b>		
1. 医療従事者に対し、血管内カテーテル使用の適応、同カテーテルの挿入と維持管理の適正手順、血管内カテーテル関連感染を防止するための適切な感染対策の方法についての教育を行うこと [7-15]。	IA	IA
2. 血管内カテーテルの挿入と維持管理に関与している者全員に対し、ガイドラインに関する知識と遵守に関する評価を適宜行うこと [7-15]。	IA	IA
3. 末梢および中心静脈カテーテルの挿入・維持管理は、訓練を受け、技能が実証された医療従事者のみに担当させること [14-28]。	IA	IA
4. ICU看護スタッフの水準を適正レベルに維持すること。「予備看護師」の割合の増加、看護師1人当たりの患者数の増加が、CVC患者を管理するICUでのCRBSI発生に関連しているという観察研究での報告がある [29-31]。	IB	IB
<b>カテーテルおよび挿入部位の選択 末梢カテーテルおよびミッドラインカテーテル<sup>*1</sup></b>		
1. 成人では、上肢をカテーテル挿入部位とする。下肢にカテーテルが挿入されている場合は、可能な限り早期に上肢に留置し直すこと。	II	IA
2. 小児では、上肢、下肢、頭皮（新生児・乳児の場合）のいずれかをカテーテル挿入部位とすること [32, 33]。	II	II
3. 使用目的と使用期間、既知の感染性・非感染性合併症（静脈炎、浸潤等）のほか、カテーテルを操作する者の経験に基づいてカテーテルを選択すること [33-35]。	IB	IB
4. 血管外に漏出した場合、組織壊死につながる可能性のある輸液製剤または薬剤を投与する際には、金属針を使用しないこと [33, 34]。	IA	IA
5. 静脈投与期間が6日を超えると想定される場合は、ショートタイプの末梢静脈カテーテル <sup>*2</sup> のかわりにミッドラインカテーテル <sup>*1</sup> または末梢挿入型中心静脈カテーテル（PICC）を使用すること。	II	IB

\*1ミッドラインカテーテル：前肘窩を經由して、近位尺側皮静脈または近位橈側皮静脈に挿入。先端は、腋窩付近までであり、中心静脈まで挿入しないカテーテル。  
\*2ショートタイプの末梢静脈カテーテル：前腕または手の静脈に挿入するカニューレタイプの留置針

Summary of Recommendations	2011 Category	2002 Category
6. ドレッシング材の上からの触診による圧痛診断、加えて透明なドレッシング材を使用している場合は視診により、毎日カテーテル挿入部位をチェックすること。感染の徴候が見られない限り、ガーゼドレッシングや不透明なドレッシング材は除去しないこと。局所圧痛などCRBSIが疑われる徴候が認められた場合は、不透明なドレッシング材を除去し、該当部位を視診すること。	II	II
7. 静脈炎（熱感、圧痛、紅斑、触診可能な索状静脈等）、感染、カテーテルの機能不全のいずれかの徴候を認めた場合は、末梢静脈カテーテルを抜去すること [36]。	IB	IB
<b>中心静脈カテーテル</b>		
1. 感染性合併症の発生低減のために推奨される部位に中心静脈のデバイスを留置するリスクおよびメリットと、機械的合併症（気胸、鎖骨下動脈穿刺、鎖骨下静脈裂傷、鎖骨下静脈狭窄、血胸、血栓、空気塞栓、カテーテル位置異常等）のリスクを比較検討すること [37-53]。	IA	IA
2. 成人の場合、中心静脈アクセスには、大腿静脈の使用は避けること [38, 50, 51, 54]。	IA	
3. 成人の場合、非トンネルタイプのCVC留置に伴う感染リスクを最小限にするため、頸部や大腿部ではなく、鎖骨下領域を挿入部位とすること [50-52]。	IB	IA
4. トンネルタイプのCVCの感染リスクを最小限にするうえで望ましい挿入部位に関する勧告はない。	未解決	未解決
5. 血液透析患者および進行性の腎疾患患者の場合、鎖骨下静脈狭窄を避けるために鎖骨下領域を挿入部位としないこと [53, 55-58]。	IA	IA
6. 慢性腎不全患者で、透析用の恒久的アクセスを必要とする場合は、CVCのかわりに動静脈瘻またはグラフトを使用すること [59]。	IA	IB
7. 穿刺回数および機械的合併症を低減させるため、中心静脈カテーテル留置は（可能であれば）超音波ガイドを使用すること。超音波ガイドを使用できるのは、十分に訓練を受けたスタッフのみとする [60-64]。	IB	
8. 患者の管理に必要な最小限のポート数またはルーメン数のCVCを使用する [65-68]。	IB	IB
9. 経静脈栄養用に決まったルーメンを使用することに関する勧告はない。	未解決	
10. 血管内カテーテルは必要でなくなった場合は早急に抜去すること [69-72]。	IA	IA
11. 無菌操作の遵守が確実でない場合（緊急時におけるカテーテルの挿入等）、48時間以内に可能な限り早期にカテーテルを交換すること [37,73-76]。	IB	II
<b>手指衛生と無菌操作</b>		
1. 通常の石鹸と流水またはアルコールベースの速乾性擦式手指消毒薬（ABHR）を使用して、手指衛生手順を遂行すること。手指衛生は、カテーテル挿入部位に触れる前と後、血管内カテーテルの挿入、交換、アクセス、修復、ドレッシング材取り扱いの前後にも行う。無菌操作による場合を除き、消毒薬を使用した後で挿入部位の触診を行わないこと [12, 77-79]。	IB	IA
2. 血管内カテーテルの挿入時およびケア時には無菌操作を遵守すること [37, 73, 74, 76]。	IB	IA
3. 末梢血管内カテーテルの挿入時には、皮膚消毒薬を使用した後に刺入部位に触れないならば、滅菌手袋ではなく清潔な未滅菌手袋を使用してもよい。	IC	
4. 動脈カテーテル、中心静脈カテーテル、ミッドラインカテーテル挿入時には滅菌手袋を着用すること [37, 73, 74, 76]。	IA	
5. ガイドワイヤーを用いた交換の際には、新しいカテーテルを扱う前に新しい滅菌手袋を着用すること。	II	II

Summary of Recommendations	2011 Category	2002 Category
6. 血管内カテーテルのドレッシング材交換時には、清潔な未滅菌手袋または滅菌手袋を着用すること。	IC	IC
<b>最大滅菌バリアプレコーション</b>		
1. CVC、PICC挿入時またはガイドワイヤーを用いた交換には、帽子、マスク、滅菌ガウン、滅菌手袋、全身を覆う滅菌ドレープを用いて、最大滅菌バリアプレコーションで行うこと [14, 75, 76, 80]。	IB	IA
2. 肺動脈カテーテル挿入時には、保護のための滅菌スリーブを使用すること [81]。	IB	IB
<b>皮膚消毒</b>		
1. 末梢静脈カテーテル挿入前には、消毒薬（70%アルコール、ヨードチンキ、クロルヘキシジングルコン酸塩アルコール溶液）で皮膚の消毒を行うこと [82]。	IB	
2. 中心静脈カテーテルおよび末梢動脈カテーテル挿入前、ドレッシング材交換時には、アルコールを含んだ0.5%を超える濃度のクロルヘキシジンで皮膚を消毒する。クロルヘキシジンが禁忌である場合は、ヨードチンキ、ヨードホルムまたは70%アルコールで代用する [82, 83]。	IA	IA
3. 皮膚の消毒に使用するクロルヘキシジンアルコールとポビドンヨードアルコールの比較検討はなされていない。	未解決	
4. 生後2カ月未満の乳児に対するクロルヘキシジンの安全性または有効性に関する勧告はない。	未解決	未解決
5. 消毒薬は、メーカーの推奨に従って、カテーテルを挿入する前に乾燥させること [82, 83]。	IB	IB
<b>カテーテル挿入部位のドレッシング管理</b>		
1. カテーテル挿入部位の被覆には、滅菌ガーゼまたは滅菌・透明・半透過性のドレッシング材を使用すること [84-87]。	IA	IA
2. 患者が発汗性である場合、または留置部位に出血あるいは血液の滲出が認められる場合は、それが解決するまでガーゼドレッシングを使用すること [84-87]。	II	II
3. カテーテル挿入部位のドレッシング材が湿ったり、緩んだり、目に見えて汚れたりした場合は交換すること [84, 85]。	IB	IB
4. 透析カテーテルを除き、挿入部位に対する局所的な抗菌薬軟膏またはクリームの使用は、真菌感染や抗菌薬耐性を促進するおそれがあるため行わないこと [88, 89]。	IB	IA
5. カテーテルやカテーテル挿入部位を水に浸さない。シャワーは、カテーテル内への菌の侵入を防止するための措置（シャワー中はカテーテルと接続器具を不透過性のカバーで保護する等）を予め講じていれば差し支えない [90-92]。	IB	II
6. 短期CVC挿入部位に使用したガーゼドレッシング材は、2日毎に交換すること。	II	
7. 短期CVC挿入部位に使用する透明ドレッシング材は、最低7日毎に交換すること。ただし、カテーテル除去のリスクがドレッシング交換のメリットより上回る可能性のある小児患者の場合を除く [87, 93]。	IB	IB
8. トンネルタイプまたは埋め込み型CVCに使用する透明ドレッシングは、（ドレッシングが汚れるか緩んだりしない限りは）挿入部位が治癒するまで、週1回の割合で交換すること。	II	IB
9. 長期カフ付きトンネルタイプCVCの良く治癒した出口部に対するドレッシング材の必要性に関する勧告はない。	未解決	未解決
10. カテーテルの素材に適合した方法でカテーテル挿入部位をケアすること [94, 95]。	IB	IB

Summary of Recommendations	2011 Category	2002 Category
11. すべての肺動脈カテーテルに対して滅菌スリーブを使用すること [81]。	IB	IB
12. クロルヘキシジン含浸スポンジドレッシングは、教育やトレーニング、皮膚消毒におけるクロルヘキシジンの適切な使用、最大滅菌バリアプレコーションなどの基本的な感染予防策を講じたにもかかわらず、CLABSI発生率が低下しない場合に、生後2カ月以上の患者の一時的な短期留置カテーテルに対し使用すること [93, 96-98]。	IB	未解決
13. 他のタイプのクロルヘキシジンドレッシングについての勧告はない。	未解決	
14. 患者個々の臨床症状に応じて、ドレッシング交換時もしくは定期的にドレッシングの上から触診することによって、カテーテル挿入部を視覚的に観察すること。もし、患者が挿入部位に圧痛を訴えた場合や、明らかな原因がない発熱、または局所的な感染や血流感染を示すその他の徴候が認められた場合、ドレッシングを除去して挿入部位を十分に診察すること [99-101]。	IB	IB
15. 患者に対し、カテーテル挿入部位に何らかの異変または新たな不快感などが生じた場合には、どんなことであっても必ず医療従事者に報告するように勧めること。	II	II
<b>皮膚の清拭</b>		
CRBSI発生を低減するため、1日1回2% クロルヘキシジンで皮膚の清拭を行うこと [102-104]。	II	
<b>カテーテル固定器具</b>		
血管内カテーテルによる感染リスクを低減するために、無縫合式固定器具を使用すること [105]。	II	未解決
<b>抗菌薬／抗菌含浸カテーテルとカフ</b>		
CLABSI発生率を低下させるために総合的な対策を実施したにもかかわらず、CLABSI発生率が低下しない場合は、カテーテルの留置期間が5日を超えると予想される患者に対して、クロルヘキシジン/スルファジアジン銀含浸CVCまたはミノサイクリン/リファンピン含浸CVCを使用すること。上記の総合的な対策には、次の3つの要素を含むものとする：カテーテルの挿入と維持管理を行う医療従事者に対する教育、最大滅菌バリアプレコーションの使用、CVC挿入時の皮膚消毒におけるアルコールを含んだ0.5%を超える濃度のクロルヘキシジンの使用 [106-113]。	IA	IB
<b>抗菌薬の予防的全身投与</b>		
カテーテルへの菌の定着またはCRBSIを防止する目的で、血管内カテーテルの挿入前あるいは使用中に抗菌薬の予防的全身投与を日常的に行わないこと [114]。	IB	IA
<b>抗菌薬／抗生物質軟膏</b>		
カテーテル挿入後および透析時間終了毎に、血液透析カテーテルの出口部分には、メーカーの推奨事項からみて血液透析カテーテルの材質との間に相互作用がない場合、ポビドンヨード抗菌軟膏、あるいはバシトラシン、グラミシジン、ポリミキシンB軟膏を使用すること [59, 115-119]。	IB	II
<b>抗菌薬ロック、抗菌薬カテーテルフラッシュとカテーテル予防的ロック</b>		
予防的抗菌薬ロックは、無菌操作を最適かつ最大限に遵守したにもかかわらず複数回のCRBSIを起こした履歴をもつ長期カテーテルの患者に使用すること [120-138]。	II	II
<b>抗凝固薬</b>		
一般患者集団に対して、カテーテル関連感染のリスクを低減させる目的で、抗凝固薬を日常的に投与しないこと [139]。	II	

Summary of Recommendations	2011 Category	2002 Category
<b>末梢カテーテルおよびミッドラインカテーテルの交換</b>		
1. 成人では、感染や静脈炎のリスクを低減するために72～96時間よりも頻回に末梢カテーテルを交換する必要はない [36, 140, 141]。	IB	IB
2. 成人において、臨床的に必要な時にのみ末梢カテーテルを交換する事に関する勧告はない [142-144]。	未解決	
3. 小児患者の場合、臨床的に必要な時にのみ、末梢カテーテルを交換すること [32, 33]。	IB	IB
4. ミッドラインカテーテルは、特定の適応がある場合にのみ交換すること。	II	IB
<b>PICCと血液透析カテーテルを含むCVCの交換</b>		
1. カテーテル関連感染の予防を目的として、CVC、PICC、血液透析カテーテル、肺動脈カテーテルを日常的に交換しないこと。	IB	IB
2. 発熱のみを根拠にCVCやPICCを抜去しないこと。他の部位で感染が証明された場合や、発熱の原因が感染以外であることが疑われる場合には、カテーテル抜去の是非を臨床的に判断すること。	II	II
3. 非トンネルタイプのカテーテルでは、感染を防止する目的で、ガイドワイヤーを用いたカテーテル交換を日常的に行わないこと。	IB	IB
4. 感染が疑われる非トンネルタイプのカテーテルを交換する際、ガイドワイヤーを使用しないこと。	IB	IB
5. 機能不全の非トンネルタイプのカテーテルを交換する際には、感染の証拠がない場合、ガイドワイヤーを使用すること。	IB	IB
6. ガイドワイヤーを用いた交換の際には、新しいカテーテルを扱う前に新しい滅菌手袋を着用すること。	II	II
<b>臍カテーテル</b>		
1. CRBSI、下肢の血管の機能不全あるいは血栓症の徴候が認められた場合には、臍動脈カテーテルを抜去し、交換は行わないこと [145]。	II	II
2. CRBSIあるいは血栓症の徴候が認められた場合には、臍静脈カテーテルを抜去し、交換は行わないこと [145]。	II	II
3. カテーテルを通して抗菌薬を投与することにより臍カテーテルを温存しようとする事に関する勧告はない。	未解決	未解決
4. 臍カテーテルを挿入する前には、消毒薬で挿入部位を洗浄すること。新生児の甲状腺に影響をおよぼす恐れがあるため、ヨードチンキを使用しないこと。他のヨウ素含有製品（ポビドンヨード等）は使用してもよい [146-150]。	IB	IB
5. 臍カテーテル挿入部位に対する局所的な抗菌薬軟膏またはクリームの使用は、真菌感染および抗菌薬耐性を促進する恐れがあるため行わないこと [88, 89]。	IA	IA
6. 臍動脈カテーテル経由で注入する輸液製剤には、低濃度のヘパリン（0.25～1.0U/ml）を添加すること [151-153]。	IB	IB
7. 臍カテーテルは、必要でなくなった場合や、下肢血管の機能不全の徴候を認めた場合にはできるだけ早く抜去すること。臍動脈カテーテルの場合、留置期間は5日を超えないことが望ましい [145, 154]。	II	II
8. 臍静脈カテーテルは必要でなくなった場合には、可能な限り早期に抜去すること。ただし、無菌管理下であれば最大14日間使用してもよい [155, 156]。	II	II

Summary of Recommendations	2011 Category	2002 Category
9. 臍カテーテルに機能不全を認め、抜去すべき他の徴候を認めない場合、臍動脈カテーテルでは留置期間が5日、臍静脈カテーテルでは留置期間が14日を超えていなければ、カテーテルを交換してもよい。	II	
<b>成人および小児患者に対する末梢動脈カテーテルと血圧モニタリングデバイス</b>		
1. 成人患者の場合、感染リスクを低減させるために、大腿または腋窩動脈よりも、橈骨、上腕または足背動脈を挿入部位とするのが望ましい [46, 47, 157, 158]。	IB	
2. 小児患者の場合、上腕動脈を使用すべきでない。大腿や腋窩動脈より橈骨、足背、後脛骨動脈を挿入部位とするのが望ましい [46]。	II	
3. 末梢動脈カテーテル挿入時には、最低でも帽子、マスク、滅菌手袋、小型の滅菌穴あきドレープを使用すること [47, 158, 159]。	IB	
4. 腋窩動脈カテーテルまたは大腿動脈カテーテル挿入時には、最大滅菌バリアプレコーションを実施すること。	II	
5. 動脈カテーテルは、臨床的に必要性がある時にのみ交換すること。	II	
6. 動脈カテーテルは、必要でなくなった場合、可能な限り早期に抜去すること。	II	
7. 再利用可能なタイプではなく、可能な限り使い捨てタイプのトランスデューサーアセンブリーを使用すること [160-164]。	IB	IB
8. カテーテル関連感染予防を目的として、動脈カテーテルを日常的に交換しないこと [165, 166, 167, 168]。	II	II
9. 使い捨てまたは再利用可能なトランスデューサーは、96時間間隔で交換すること。血圧モニタリングシステムの他のコンポーネント（連結管、連続フラッシュ器具、フラッシュ溶液を含む）もトランスデューサー交換時に交換すること [37, 161]。	IB	IB
10. 血圧モニタリングシステムの全てのコンポーネント（較正用の器具やフラッシュ用の水溶液を含む）を無菌に維持すること [160, 169-171]。	IA	IA
11. 血圧モニタリングシステムの操作回数と同回路への進入を最低限に抑えること。血圧モニタリングカテーテルの開通性維持には、開放式のフラッシュシステム（シリンジと活栓を必要とするもの）ではなく、閉鎖式のフラッシュシステム（持続フラッシュシステム）を用いること [163, 172]。	II	II
12. 活栓ではなく隔壁となる膜経由で血圧モニタリングシステムにアクセスする場合、アクセスに先立ち適正な消毒薬で隔壁となる膜をよく拭くこと [163]。	IA	IA
13. 血圧モニタリング回路を通じてブドウ糖含有溶液や静脈栄養輸液製剤を投与しないこと [163, 173, 174]。	IA	IA
14. 使い捨てタイプのトランスデューサーを使用できない場合は、メーカーの取扱説明書に従い、再使用可能タイプのトランスデューサーを滅菌すること [163, 173-176]。	IA	IA
<b>輸液セットの交換</b>		
1. 血液、血液製剤、脂肪乳剤の投与を行っていない患者の場合は、二次的セットや追加器具を含む連続使用する輸液セットは、96時間以上の間隔を空け [177]、少なくとも7日毎に交換すること [178-181]。	IA	IA
2. 断続的に使用された輸液セットの交換頻度に関する勧告はない。	未解決	
3. 埋め込み型ポートにアクセスする針の交換頻度に関して勧告はない。	未解決	

Summary of Recommendations	2011 Category	2002 Category
4. 血液、血液製剤、脂肪乳剤（アミノ酸およびブドウ糖と組み合わせた3種混合タイプのものや単独注入するもの）の投与に使用した輸液ラインは、注入開始から24時間以内に交換すること [182-185]。	IB	IB
5. プロポフォールの注入に使用する輸液ラインは、メーカーの推奨（FDA ウェブサイト：Medwatchを参照）に従い、バイアルを交換する時、6時間毎または12時間毎に交換のこと [186]。	IA	IA
6. 埋め込み型ポートにアクセスするための針の使用期間に関する勧告はない。	未解決	
<b>ニードルレス血管内カテーテルシステム</b>		
1. ニードルレス血管内器具の部品の交換は、最低限、輸液セットの交換頻度と同じ頻度で実施のこと。72時間毎より頻回に交換することのメリットはない [39, 187-193]。	II	II
2. ニードルレスコネクタは、感染率を低下させる目的で、72時間毎よりも頻回に交換しない。もしくはメーカーの推奨に従って交換すること [187, 189, 192, 193]。	II	
3. 輸液関連の部品はすべて、システム内の漏出や破損を最小限に抑えられるものであることを確認すること [194]。	II	II
4. 適切な消毒薬（クロルヘキシジン、ポビドンヨード、ヨードホルム、70% アルコール）でアクセスポートをよく拭き、また滅菌された器具のみを用いてポートにアクセスするよう注意することによって、汚染リスクを最小限とすること [189, 192, 194-196]。	IA	IB
5. 静脈ラインへのアクセスにはニードルレスシステムを使用すること。	IC	
6. ニードルレスシステムを使用するときは、いくつかのメカニカルバルブが感染リスクを増大させるため、それらのメカニカルバルブよりも、スプリットセプタムの方が望ましいかもしれない [197-200]。	II	
<b>パフォーマンス向上対策</b>		
エビデンスに基づく勧告事項の遵守度を向上させるために、多面的な対策を「バンドル」としてまとめた医療機関独自または連携ベースのパフォーマンス向上対策を講じること [15, 69, 70, 201-205]。	IB	

## 背景情報

### 用語とリスク評価

多くの医師や研究者が、日常カテーテルを呼ぶ際には、それぞれが異なるタイプの特徴を名称として用いているため、カテーテルを識別するために用いられている用語はわかりにくい。一般的に、カテーテルは留置される血管（末梢静脈、中心静脈、動脈等）、本来の使用期間（一時的・短期、恒久的・長期等）、挿入部位（鎖骨下動脈、大腿部、内頸、末梢または末梢挿入型中心静脈カテーテル（PICC）等）、皮膚から血管への経路（トンネルタイプ、非トンネルタイプ等）、物理的な長さ（ロング、ショート等）、あるいは特殊性（カフの有無、ヘパリン含浸、抗生剤含浸、消毒薬含浸、ルーメン数等）により区別することができる。特定タイプのカテーテルを正確に定義するために、これら全ての特徴をここで説明しておくこととする（表1）。

同じように血管内カテーテル関連感染を説明する用語も、意味の異なるカテーテル関連血流感染（CRBSI）と中心ライン関連血流感染（CLABSI）が混同されることが多くわかりにくい。

CRBSIは患者の診断および治療時に使用される臨床上の定義であり、カテーテルがBSI感染源であるか否かを完全に確認同定するためには特異な臨床検査を要する。一般的にサーベイランス目的で使用されることはない。BSIがCRBSIであるか否かを正確に確認するのは、患者の臨床ニーズ（カテーテルを必ずしも抜去するわけではない）、利用できる微生物検出法が限られていること（多くの検査室が定量的血液培養または陽性になるまでの時間差による診断を行っていない）、直接ケアに関わる医療従事者の手順遵守度（正確な技術が必須）等の理由から困難である。サーベイランスでは簡略な定義が使用されることが多い。例えば、CLABSIはCDCの全米医療安全ネットワーク（National Healthcare Safety Network；NHSN）で使用される用語である（NHSNのCLABSI informationを参照のこと）[206]。CLABSIは、BSIが発症した時点からさかのぼって48時間以内に中心ラインを挿入されていた患者における、別の部位の感染に関連のない一次性BSIのことをいう。しかし、中心ライン以外で認知が容易ではない感染源（膵炎、粘膜炎等）による二次性BSIも存在し、CLABSIのサーベイランス上の定義に従うとCRBSIの発生率が実際のものよりも高くなる可能性がある。

**表1 静脈および動脈へのアクセスに用いるカテーテル**

カテーテルの種類	挿入部位	長さ	注釈
末梢静脈カテーテル	通常、前腕または手の静脈に挿入	3インチ未満	長期使用時に静脈炎。ただし血流感染の原因となるケースはまれ。
末梢動脈カテーテル	通常、橈骨動脈に挿入するが、大腿動脈、腋窩動脈、上腕動脈、後脛骨動脈にも挿入可	3インチ未満	感染リスクは低い。血流感染の原因となるケースはまれ
ミッドラインカテーテル	肘窩を經由して近位尺側皮静脈または近位橈側皮静脈に挿入。中心静脈には挿入しない。末梢カテーテル	3～8インチ	ゴム状弾性ハイドロジェル素材のカテーテルで過敏症反応が報告されている。ショートタイプの末梢カテーテルよりも静脈炎の発生率は低い
非トンネルタイプ中心静脈カテーテル	経皮的に中心静脈（鎖骨下静脈、内頸静脈、大腿静脈）に挿入	8 cm 以上 (患者の体格による)	大部分のCRBSIの原因
肺動脈カテーテル	テフロン製のイントロデューサーを用いて中心静脈に挿入（鎖骨下静脈、内頸静脈、大腿静脈経由）	30 cm 以上 (患者の体格による)	通常、ヘパリンを結合してある。血流感染発生率はCVCと同レベル。感染リスク軽減には鎖骨下部分が望ましい
末梢挿入型中心静脈カテーテル（PICC）	尺側皮静脈、橈側皮静脈または上腕静脈に挿入し、上大静脈に入る	20 cm 以上 (患者の体格による)	非トンネルタイプのCVCよりも感染率は低い
トンネルタイプ中心静脈カテーテル	鎖骨下静脈、内頸静脈または大腿静脈へ埋め込む	8 cm 以上 (患者の体格による)	カフがカテーテル経路内への病原体の移動を防止。非トンネルタイプのCVCより感染率は低い
完全埋め込み型	皮膚の下にトンネルを形成して皮下ポートに注射針でアクセスする。鎖骨下静脈または内頸静脈へ埋め込む	8 cm 以上 (患者の体格による)	CRBSIのリスクは最も低い。患者の印象を向上する。カテーテル部位の局部ケアは不要。カテーテル抜去には外科処置が必要
臍カテーテル	臍静脈または臍動脈に挿入	6 cm 以下 (患者の体格による)	臍静脈に留置した場合と臍動脈に留置した場合のCRBSIのリスクは同程度

## 成人および小児患者の疫学と微生物学

CLABSIの米国国内推定発生率は、CDCのNHSNで入手可能で、CDCのウェブサイトで公開されている。最新の報告では、1つ以上のICUとICU以外の治療室（患者治療室、病棟等）の一方または両方における感染を観察した全米48州およびコロンビア特別区にある1545の医療施設のデータを明確に示している [207]。BSI発生率は、疾患の重症度、疾患のタイプ（III度の熱傷、心臓手術後等）といった患者に関連するパラメーター、カテーテルに関連するパラメーター（カテーテル留置時の状況、カテーテルの種類等）、医療施設に関連するパラメーター（ベッド数、学術提携等）の影響を受けるため、病院では施設内および施設間で発生率を比較する際に、こうしたパラメーターを総合したリスク調整率をベンチマークとして利用することができる。

最も多く報告された感染病原体は、依然としてコアグララーゼ陰性ブドウ球菌、黄色ブドウ球菌、腸球菌、カンジダ属である [208]。CDCにはCLABSIの病原体の19% [209]、疫学的に重大な病原体のサーベイランスと制御（SCOPE）のデータベースには21% [208] がグラム陰性桿菌であると報告された。

一般的なCLABSI病原体に関しては、特にICUにおける抗菌薬耐性が問題となっている。現状ではメチシリン耐性黄色ブドウ球菌（MRSA）はICUからの全黄色ブドウ球菌分離株の50%を超えてはいるものの、MRSAによるCLABSIの発生率は近年低下しており、これは感染防止対策の効果であると考えられる [210]。グラム陰性桿菌に関しては、肺炎桿菌および大腸菌に見られる第3世代セファロスポリンに対する抗菌薬耐性が、緑膿菌に見られるイミペネムおよびセフトジジン耐性と同じように顕著に上昇した [209]。カンジダ属はこれまでに増してフルコナゾール耐性であることが示されている。

## 病因論

確認されているカテーテルの汚染経路には次の4つがある。(1) 挿入部位に存在する皮膚細菌の皮下のカテーテル経路への移動と、カテーテル先端部の菌の定着 [37, 211, 212] (これは短期的カテーテルの最も一般的な感染経路である)、(2) 手指または汚染液体やデバイスとの接触によるカテーテルまたはカテーテルハブの直接的汚染 [213, 214]、(3) 他の感染病巣からのカテーテルへの血行性播種 [215] (それほど多くはない)、(4) 輸液の汚染によるCRBSIの発生 [216] (稀である)。

CRBSIの判定に重要な病原性因子には次の3つがある。(1) デバイスの素材、(2) カテーテル周囲に皮膜を形成するフィブリンやフィブロネクチン等の宿主の結合蛋白質 [217]、(3) 付着性の病原体が生成する細胞外多糖類 (EPS) 等、感染性病原体の内在菌力 [218]。カテーテル素材の中には、表面に凹凸があり、ある種の細菌 (表皮ブドウ球菌やカンジダ・アルビカンス等) の付着性が高いものもある [219, 220]。このような素材でできたカテーテルは、菌の定着やその後の感染に対して非常に脆弱である。シラスティック (シリコーンゴム) 製のカテーテルはフィブリンシースを形成するため、ポリウレタン製のカテーテルよりもカテーテル感染リスクが高い [217]。一方、カンジダ・アルビカンスによるバイオフィームは、ポリウレタン製カテーテルよりもシリコーンエラストマーカテーテルの表面の方が形成されやすい [219]。生体材料の表面特性を改造すると、カンジダ・アルビカンスのバイオフィーム形成能が変動することがわかっている [220]。さらに、素材の中には血栓形成性の高いものもあり、この種の素材ではカテーテルにおける菌の定着やカテーテル関連感染が発生しやすくなる可能性がある [221, 222]。そのため、CRBSI減少対策の一環として、カテーテルに関連する血栓の防止の重要性も高まっている [223, 224]。

CRBSIの原因を考える場合、宿主に関連した特定微生物の付着性も重要なポイントである。例えば、黄色ブドウ菌は、クランピング因子 (CifA, CifB) を産生し、これが蛋白質付着因子に結合することで、一般的にカテーテルに存在する宿主の蛋白質 (フィブリノーゲン、フィブロネクチン等) に付着する [217, 222, 225, 226]。さらに、コアグララーゼ陰性ブドウ球菌 [227, 228]、黄色ブドウ菌 [229]、緑膿菌 [230] およびカンジダ種 [231] 等の病原微生物が細胞外多糖類を主成分とし微生物のバイオフィーム [218, 232] を形成する細胞外高分子物質 (EPS) を分泌することで付着しやすくなる。このバイオフィームマトリックスは、カルシウム、マグネシウム、鉄等の二価金属陽イオンで強化され、病原微生物が内部で生息できる密な膜ができあがる [233-235]。このようなバイオフィームができると、様々な細菌が宿主の防衛メカニズムに対して耐性を得るか (多形核白血球の貪食や殺傷に対するバリアとして機能する等)、抗菌薬に対する感受性が低下して (菌の細胞壁に抗菌薬が接触する前に抗菌薬と結合してマトリックスを形成したり、代謝休止中で抗菌薬耐性の「存続」細胞集団を供給したりする等)、細菌の病原性が増強される [228, 236, 237]。カンジダ属の中には、ブドウ糖含有輸液中で上記のような細菌と同様の粘液 (スライム) を生成するものもあり、これが静脈栄養輸液製剤の投与を受けている患者において真菌性病原体に起因するBSIの割合が上昇している原因となっている可能性がある [238]。

# 成人および小児患者のカテーテル関連感染防止対策

## 教育、トレーニングとスタッフの配置

### 勧告

1. 医療従事者に対し、血管内カテーテル使用の適応、同カテーテルの挿入と維持管理の適正手順、血管内カテーテル関連感染を防止するための適切な感染対策の方法についての教育を行うこと [7-15]。  
カテゴリー IA
2. 血管内カテーテルの挿入と維持管理に関与している者全員に対し、ガイドラインに関する知識と遵守に関する評価を適宜行うこと [7-15]。カテゴリー IA
3. 末梢および中心静脈カテーテルの挿入・維持管理は、訓練を受け、技能が実証された医療従事者のみに担当させること [14-28]。カテゴリー IA
4. ICU看護スタッフの水準を適正レベルに維持すること。「予備看護師」の割合の増加、看護師1人当たりの患者数の増加が、CVC患者を管理するICUでのCRBSI発生に関連しているという観察研究での報告がある [29-31]。カテゴリー IB

### 背景

こうした試みを成功させるためには、医療従事者が知識と経験を高め、ケアを提供・監視・評価することができるような系統的なプログラムが必要不可欠である。過去40年間の報告で、無菌操作が標準化されることによって感染のリスクが低下すること [7, 12, 14, 15, 239-241]、経験不足の医療従事者が血管内カテーテルの挿入と維持管理を行った場合は、カテーテルでの菌の定着ならびにCRBSIが増加する可能性のあること [15, 242] が一貫して示されてきた。専門「IVチーム」はCRBSIと関連合併症の発生低下およびコスト削減において明確な効果を示してきた [16-26]。さらに、看護スタッフ数が限界レベルを下回ると感染リスクが上昇する [30]。

## カテーテルおよび挿入部位の選択

### 末梢カテーテルおよびミッドラインカテーテルに関する勧告

1. 成人では、上肢をカテーテル挿入部位とする。下肢にカテーテルが挿入されている場合は、可能な限り早期に上肢に留置し直すこと。**カテゴリー II**
2. 小児では、上肢、下肢、頭皮（新生児・乳児の場合）のいずれかをカテーテル挿入部位とすること [32, 33]。**カテゴリー II**
3. 使用目的と使用期間、既知の感染性・非感染性合併症（静脈炎、浸潤等）のほか、カテーテルを操作する者の経験に基づいてカテーテルを選択すること [33-35]。**カテゴリー IB**
4. 血管外に滲出した場合、組織壊死につながる可能性のある輸液製剤または薬剤を投与する際には、金属針を使用しないこと [33, 34]。**カテゴリー IA**
5. 静脈投与期間が6日を超えると想定される場合は、ショートタイプの末梢静脈カテーテルの代わりにミッドラインカテーテルまたは末梢挿入型中心静脈カテーテル（PICC）を使用すること。**カテゴリー II**
6. ドレッシング材の上からの触診による圧痛診断、加えて透明なドレッシング材を使用している場合は視診により、毎日カテーテル挿入部位をチェックすること。感染の徴候が見られない限り、ガーゼドレッシングや不透明なドレッシング材は除去しないこと。局所圧痛などCRBSIが疑われる徴候が認められた場合は、不透明なドレッシング材を除去し、該当部位を視診すること。**カテゴリー II**
7. 静脈炎（熱感、圧痛、紅斑、触診可能な索状静脈等）、感染、カテーテルの機能不全のいずれかの徴候を認めた場合は、末梢静脈カテーテルを抜去すること [36]。**カテゴリー IB**

## 中心静脈カテーテルに関する勧告

1. 感染合併症の発生低減のために推奨される部位に中心静脈のデバイスを留置するリスクおよびメリットと、機械的合併症（気胸、鎖骨下動脈穿刺、鎖骨下静脈裂傷、鎖骨下静脈狭窄、血胸、血栓、空気塞栓、カテーテル位置異常等）のリスクを比較検討すること [37-53]。カテゴリー IA
2. 成人の場合、中心静脈アクセスには、大腿静脈の使用は避けること [38, 50, 51, 54]。カテゴリー IA
3. 成人の場合、非トンネルタイプのCVC留置に伴う感染リスクを最小限にするため、頸部や大腿部ではなく、鎖骨下領域を挿入部位とすること [50-52]。カテゴリー IB
4. トンネルタイプのCVCの感染リスクを最小限にするうえで望ましい挿入部位についての勧告はない。  
未解決の課題
5. 血液透析患者および進行性の腎疾患患者の場合、鎖骨下静脈狭窄を避けるために鎖骨下領域を挿入部位としないこと [53, 55-58]。カテゴリー IA
6. 慢性腎不全患者で、透析用の恒久的アクセスを必要とする場合は、CVCの代わりに動静脈瘻またはグラフトを使用すること [59]。カテゴリー IA
7. 穿刺回数および機械的合併症を低減させるため、中心静脈カテーテル留置は（可能であれば）超音波ガイドを使用すること。超音波ガイドを使用できるのは、十分に訓練を受けたスタッフのみとする [60-64]。  
カテゴリー IB
8. 患者の管理に必要な最小限のポート数またはルーメン数のCVCを使用する [65-68]。カテゴリー IB
9. 経静脈栄養用に決まったルーメンを使用することに関する勧告はない。未解決の課題
10. 血管内カテーテルは必要でなくなった場合は早急に抜去すること [69-72]。カテゴリー IA
11. 無菌操作の遵守が確実でない場合（緊急時におけるカテーテルの挿入等）、48時間以内に可能な限り早期にカテーテルを交換すること [37, 73-76]。カテゴリー IB

## 背景

カテーテルを留置する部位の条件により、その後のカテーテル関連感染や静脈炎のリスクが左右される。部位がカテーテル感染のリスクに及ぼす影響は、血栓性静脈炎のリスクや皮膚常在細菌叢の密度とも関係している。

小児患者でも、成人の場合と同じく、末梢静脈カテーテルの使用によって静脈炎、血管外滲出、カテーテル関連感染を合併する可能性がある [243]。カテーテルの位置、静脈内脂肪乳剤を併用した中心静脈栄養輸液の注入、カテーテル挿入前のICU滞在期間といった要因全てが、小児の静脈炎発生リスクを上昇させている。しかし、成人のリスクとは異なり、小児の静脈炎リスクの上昇は、カテーテル留置期間の長さには比例していない [243, 244]。

カテーテル挿入部位の皮膚常在細菌叢の菌の密度は、CRBSIの大きなリスクファクターである。今までのところ、頸部・鎖骨下・大腿静脈に留置されたカテーテルの感染率を比較する満足な無作為試験は行われていない。後ろ向き研究では、多くの場合、鎖骨下静脈に挿入したカテーテルよりも、内頸静脈に挿入したカテーテルの方が菌の定着およびCRBSI発生リスクが高かった [37-47]。これと類似した結果が、1件の後ろ向き研究で新生児に認められた [245]。成人におい

では、挿入部位を鎖骨下および内頸にした場合に比べて、大腿に挿入した方が菌定着率が高く、また複数の研究ではCLABSI発生率も高かった [40, 45-47, 50, 51, 246]。大腿部カテーテルは、内頸部や鎖骨下カテーテルよりも深部静脈血栓のリスクが高いことから、可能な限り避けるべきである [48-50, 53, 247]。1件の研究 [38] で、大腿静脈留置カテーテルの感染リスクが肥満患者において上昇していることが認められた。小児患者を対象とした研究では、成人とは異なり、大腿部カテーテルにおける機械的な合併症の発生率は低いこと、および大腿部以外に留置されたカテーテルの場合と感染率は同じ程度であることが証明されている [248-251]。したがって成人患者の場合は、カテーテルの留置部位を決定するには他の要素（機械的な合併症の可能性、鎖骨下静脈狭窄、カテーテルを操作する者の技量等）も考慮すべきであるが、感染予防の観点からは鎖骨下部分が望ましいと言える。

2件の研究のメタ分析の結果から、CVC留置時にリアルタイム二次元超音波診断装置を使用した場合、標準的なランドマーク法に比べて機械的合併症が明らかに低減され、必要部位への穿刺回数および穿刺失敗が減少することがわかっている [60, 61]。エビデンスでは、ドップラー超音波ガイドよりも二次元超音波ガイドの使用が支持されている [60]。留置部位選択に際しては、患者の快適さ、カテーテル固定法、無菌状態の維持、患者に固有の要因（既に存在する他のカテーテル、解剖学的な形状異常、出血性素因等）、機械的合併症の相対リスク（出血、気胸等）、ベッドサイドでの超音波診断装置の有無、カテーテル挿入担当者の経験、感染リスク等を考慮する。

カテーテルは開放創からできる限り離れた部位に挿入しなければならない。1件の研究で、カテーテルが開放性熱傷創に近い部位に挿入された場合（創傷面との重なりが25 cm<sup>2</sup>）、創傷部から離れた部位に挿入された場合よりも菌定着率が1.79倍、菌血症発生率が5.12倍高いことが示された [252]。

## カテーテルの材質

ポリテトラフルオロエチレン（テフロン）製やポリウレタン製のカテーテルでは、ポリ塩化ビニール製やポリエチレン製のカテーテルよりも感染合併症の確率が低い [36, 253, 254]。末梢静脈へのアクセスを目的としてカテーテルの代わりに使用される金属針の場合、その感染合併症の率はテフロン製のカテーテルと同じである [33, 34]。しかし、金属針を使用すると、静脈注射（IV）液剤が皮下組織に浸潤することが多く、その注射液が組織障害性であった場合には深刻な合併症が発生する恐れがある [34]。

## 手指衛生と無菌操作

### 勧告

1. 通常の水と流水またはアルコールベースの速乾性擦式手指消毒薬（ABHR）を使用して、手指衛生手順を遂行すること。手指衛生は、カテーテル挿入部位に触れる前と後、血管内カテーテルの挿入、交換、アクセス、修復、ドレッシング材取り扱いの前後にも行う。無菌操作による場合を除き、消毒薬を使用した後で挿入部位の触診を行わないこと [12, 77-79]。カテゴリー IB
2. 血管内カテーテルの挿入時およびケア時には無菌操作を遵守すること [37, 73, 74, 76]。カテゴリー IB
3. 末梢血管内カテーテルの挿入時には、皮膚消毒薬を使用した後に刺入部位に触れないならば、滅菌手袋ではなく清潔な未滅菌手袋を使用してもよい。カテゴリー IC
4. 動脈カテーテル、中心静脈カテーテル、ミッドラインカテーテル挿入時には滅菌手袋を着用すること [37, 73, 74, 76]。カテゴリー IA
5. ガイドワイヤーを用いた交換の際には、新しいカテーテルを扱う前に新しい滅菌手袋を着用すること。  
カテゴリー II
6. 血管内カテーテルのドレッシング材交換時には、清潔な未滅菌手袋または滅菌手袋を着用すること。  
カテゴリー IC

### 背景

カテーテル挿入あるいは管理の前に手指を清潔にし、カテーテルの操作時に適切な無菌操作を用いることが感染防止に役立つ [12]。適切な手指の衛生には、アルコールベースの製品 [255] を用いるか、石鹸を用いた後よくすすぐこと [77]。末梢カテーテルの挿入時の適切な無菌操作には、必ずしも滅菌手袋を使用する必要はなく、新しい非滅菌タイプの使い捨て手袋を使用するとともに、末梢静脈カテーテル挿入に際して「非接触」操作を守ればよい。中心カテーテルの留置時には「非接触」操作が不可能であるため、必ず滅菌手袋を着用する。

## 最大滅菌バリアプレコーション

### 勧告

1. CVC、PICC挿入時またはガイドワイヤーを用いた交換には、帽子、マスク、滅菌ガウン、滅菌手袋、全身を覆う滅菌ドレープを用いて、最大滅菌バリアプレコーションで行うこと [14, 75, 76, 80]。カテゴリー IB
2. 肺動脈カテーテル挿入時には、保護のための滅菌スリーブを使用すること [81]。カテゴリー IB

### 背景

最大滅菌バリア（MSB）プレコーションは、滅菌ガウン、滅菌手袋および帽子を着用し、全身を覆うガウン（手術室で使用するドレープに類似するもの）を使用することと定義されている（監訳者註：最大滅菌バリアプレコーションにはマスクの着用も含まれる）。無作為化比較試験で、CVC挿入時の最大滅菌バリアプレコーションと、滅菌手袋と小型ドレープを使用した標準的な感染防止策が比較され、MSB群の方が、カテーテルへの菌定着も（RR = 0.32、95% CI, 0.10-0.96、P = 0.04）、CRBSI発生率も（RR = 0.16、95% CI, 0.02-1.30、P = 0.06）少なかった。さらに、MSB群では感染発生が標準予防策群よりも大幅に遅く、定着した病原体もグラム陽性菌ではなくグラム陰性菌であった [76]。肺動脈カテーテルに関する1つの研究でも、二次的な結果として、最大滅菌バリアプレコーションを講じることで感染リスクが低減することが示された [37]。別の研究では、感染管理実務、特に最大滅菌バリアプレコーションの活用を目的とした教育プログラムが評価され、最大滅菌バリアプレコーションの活用度上昇と共にCRBSIの発生率が減少した [14]。1つの小規模試験では、最大滅菌バリアプレコーションの利用で挿入部位の皮膚への菌定着リスクが減少したことが示された（OR 3.40、95% CI 1.32 ~ 3.67） [80]。

## 皮膚消毒

### 勧告

1. 末梢静脈カテーテル挿入前には、消毒薬（70%アルコール、ヨードチンキ、ヨードホール、クロルヘキシジングルコン酸塩アルコール溶液）で皮膚の消毒を行うこと [82]。**カテゴリー IB**
2. 中心静脈カテーテルおよび末梢動脈カテーテル挿入前、ドレッシング材交換時には、アルコールを含んだ0.5%を超える濃度のクロルヘキシジンで皮膚を消毒する。クロルヘキシジンが禁忌である場合は、ヨードチンキ、ヨードホールまたは70%アルコールで代用する [82, 83]。**カテゴリー IA**
3. 皮膚の消毒に使用するクロルヘキシジンアルコールとポビドンヨードアルコールの比較検討はなされていない。**未解決の課題**
4. 生後2 ヶ月未満の乳児に対するクロルヘキシジンの安全性または有効性に関する勧告はない。**未解決の課題**
5. 消毒薬は、メーカーの推奨に従って、カテーテルを挿入する前に乾燥させること [82, 83]。**カテゴリー IB**

### 背景

クロルヘキシジンを含む皮膚消毒法を評価するよく計画された研究が2つ実施され、血管内カテーテル挿入部位のケアにポビドンヨードを使用した場合とアルコールを使用した場合が比較された。この研究によって、クロルヘキシジン製剤の方がカテーテルの菌定着またはCRBSI発生率が低いことが示された [82, 83]（クロルヘキシジングルコン酸塩アルコール溶液とポビドンヨードアルコールとは比較されていない）。0.5%クロルヘキシジンアルコール溶液と10%ポビドンヨードとの比較では、中心静脈カテーテル（CVC）の菌の定着またはCRBSIの発生率に相違は見られなかった [256]。3群比較研究（2%クロルヘキシジングルコン酸塩水溶液、10%ポビドンヨード、70%アルコールを比較）では、10%ポビドンヨードと70%アルコールに比べて2%クロルヘキシジングルコン酸塩水溶液にCRBSI減少傾向を認めた [82]。4,143のカテーテルのメタアナリシスによって、クロルヘキシジン製剤がポビドンヨードに比べてカテーテル関連感染リスクを49%（95% CI 0.28 ~ 0.88）低下させることが示された [257]。入手可能なエビデンスを基にした経済性判断分析（economic decision analysis）では、CVCのケアにクロルヘキシジンを使用した方がポビドンヨードと比較してCRBSI発生率が1.6%、死亡率が0.23%減少し、その結果、カテーテル1本につき113米ドル節減できることが示された [258]。中心静脈カテーテルでも末梢静脈カテーテルでも挿入時の皮膚消毒にクロルヘキシジンが標準消毒薬とされている一方、5%ポビドンヨードの70%エタノール溶液は10%水溶性ポビドンヨードに比べてCVC関連菌定着および感染を大幅に低減させる [259]。

## カテーテル挿入部位のドレッシング管理

### 勧告

1. カテーテル挿入部位の被覆には、滅菌ガーゼまたは滅菌・透明・半透過性のドレッシング材を使用すること [84-87]。カテゴリー IA
2. 患者が発汗性である場合、または留置部位に出血あるいは血液の滲出が認められる場合は、それが解決するまでガーゼドレッシングを使用すること [84-87]。カテゴリー II
3. カテーテル挿入部位のドレッシング材が湿ったり、緩んだり、目に見えて汚れたりした場合は交換すること [84, 85]。カテゴリー IB
4. 透析カテーテルを除き、挿入部位に対する局所的な抗菌薬軟膏またはクリームの使用は、真菌感染や抗菌薬耐性を促進するおそれがあるため行わないこと [88, 89]。カテゴリー IB
5. カテーテルやカテーテル挿入部位を水に浸さない。シャワーは、カテーテル内への菌の侵入を防止するための措置（シャワー中はカテーテルと接続器具を不透過性のカバーで保護する等）を予め講じていれば差し支えない [90-92]。カテゴリー IB
6. 短期CVC挿入部位に使用したガーゼドレッシング材は、2日毎に交換すること。カテゴリー II
7. 短期CVC挿入部位に使用する透明ドレッシング材は、最低7日毎に交換すること。ただし、カテーテル抜去のリスクがドレッシング交換のメリットより上回る可能性のある小児患者の場合を除く [87, 93]。  
カテゴリー IB
8. トンネルタイプまたは埋め込み型CVCに使用する透明ドレッシングは、（ドレッシングが汚れるか緩んだりしない限りは）挿入部位が治癒するまで、週1回の割合で交換すること。カテゴリー II
9. 長期カフ付きトンネルタイプCVCの良く治癒した出口部に対するドレッシング材の必要性に関する勧告はない。未解決の課題
10. カテーテルの素材に適合した方法でカテーテル挿入部位をケアすること [94, 95]。カテゴリー IB
11. すべての肺動脈カテーテルに対して滅菌スリーブを使用すること [80]。カテゴリー IB
12. クロルヘキシジン含浸スポンジドレッシングは、教育やトレーニング、皮膚消毒におけるクロルヘキシジンの適切な使用、最大滅菌バリアプレコーションなどの基本的な感染予防策を講じたにもかかわらず、CLABSI発生率が低下しない場合に、生後2ヵ月以上の患者の一時的な短期留置カテーテルに対し使用すること [93, 96-98]。カテゴリー IB
13. 他のタイプのクロルヘキシジンドレッシングについての勧告はない。未解決の課題
14. 患者個々の臨床症状に応じて、ドレッシング交換時もしくは定期的にドレッシングの上から触診することによって、カテーテル挿入部位を視覚的に観察すること。もし、患者が挿入部位に圧痛を訴えた場合や、明らかな原因がない発熱、または局所的な感染や血流感染を示すその他の徴候が認められた場合、ドレッシ

ングを除去して挿入部位を十分に診察すること [99-101]。カテゴリー IB

15. 患者に対し、カテーテル挿入部位に何らかの異変または新たな不快感など生じた場合には、どんなことであっても必ず医療従事者に報告するように勧めること。カテゴリー II

## 背景

透明で半透過性のポリウレタン製ドレッシング材はカテーテル部位を継続的に視診できる上、標準的なガーゼとテープによるドレッシングほど頻繁に交換する必要もない。ドレッシングによる末梢血管カテーテルの管理について実施された最大規模の対照試験で、約2,000件の末梢血管カテーテル事例について、透明なドレッシング材の使用に伴う感染症の罹患率が調査されている [254]。この試験のデータによると、透明なドレッシング材を用いて管理したカテーテルの菌の定着率 (5.7%) はガーゼによるもの (4.6%) と同等であり、カテーテル部位の菌の定着や静脈炎の発生率においても臨床上有意味な差は認められない。さらに同データは、透明なドレッシング材の場合、血栓性静脈炎のリスク増大を伴うことなく、カテーテルが挿入されている期間中、末梢静脈カテーテル上に安全に使用できることを示唆している [254]。

透明なドレッシング材使用群と、ガーゼによるドレッシング使用群のCRBSIリスクを比較した研究についてメタアナリシスを実施した [260]。その結果、両群間で、CRBSIのリスクに差を認めることはできなかったので、いずれのドレッシング法を用いるかということは、好みの問題といえる。カテーテル挿入部位から血液がにじみ出る場合は、ガーゼによるドレッシングを優先的に使用する。ガーゼとテープを使用したドレッシングと透明なドレッシング材とを比較した無作為化比較試験に関する別の系統的レビューでは、CRBSI発生率、カテーテル先端の菌の定着、皮膚の菌の定着に関してドレッシングタイプ間に有意差は認められなかった [261]。

CRBSIリスクを低減するためには、クロルヘキシジン含浸ドレッシング材が使用されてきた。ICU患者に使用したクロルヘキシジン含浸スポンジドレッシング材と標準的なドレッシングとを比較した現在までに公表されている最大規模の多施設共同無作為化比較試験では、背景の感染率 (Background rates) が低い場合でも、CRBSI発生率は低下した。この研究では、患者1,636例 (カテーテル3,778本、28,931カテーテル・日) が評価された。クロルヘキシジン含浸スポンジドレッシング材は主要CRBSIの発生リスクを低減し (クロルヘキシジン群でカテーテル1,953本中10本 [0.5%]、1,000カテーテル挿入日あたり0.6、標準ドレッシング材群でカテーテル1,825本中19本 [1.1%]、1,000カテーテル挿入日あたり1.4、ハザード比 [HR]、0.39 [95%信頼区間 {CI}、0.17 ~ 0.93] ; P = 0.03)、CRBSIの発生リスクも低減させた (クロルヘキシジン群でカテーテル1,953本中6本、1,000カテーテル挿入日あたり0.40、標準ドレッシング材群でカテーテル1,825本中17本、1,000カテーテル挿入日あたり1.3 ; HR、0.24 [95% CI、0.09 ~ 0.65]) [93]。小児140例を対象としてポリウレタン製ドレッシングとクロルヘキシジン含浸スポンジドレッシング材とを比較した1つの無作為化比較試験では、BSIの発生率に統計学的有意差は見られなかったが、クロルヘキシジン群の方がCVCの菌の定着率が低かった [98]。化学療法を受けている癌患者601例に関しては、標準ドレッシングを使用した患者と比較して、クロルヘキシジン含浸スポンジドレッシング材を使用した患者においてCRBSI発生率が低下した (P = 0.016、相対リスク0.54 ; 信頼区間0.31 ~ 0.94) [262]。8つの無作為化比較試験を用いてメタアナリシスを実施した結果、クロルヘキシジン含浸スポンジドレッシング材によって血管カテーテルおよび硬膜外カテーテルの出口部の菌定着は減少したが、CRBSI発生率に有意差はなかった (2.2%対3.8%、OR 0.58、95% CI : 0.29 ~ 1.14、p = 0.11) [97]。

小児に使用したクロルヘキシジン含浸スポンジドレッシング材に関するデータは限定されているが、新生児705例を対象とした1件の無作為化比較試験では、クロルヘキシジン含浸スポンジドレッシング材使用群で標準ドレッシング材使用群に比べてカテーテルの菌定着が大幅に減少したことが認められた (15%対24% ; RR = 0.6 ; 95% CI 0.5-0.9)。ただしCRBSIや感染源不明のBSIの発生率に相違はなかった。超低出生体重児にクロルヘキシジン含浸スポンジドレッシング材を使用した場合は、限局性接触皮膚炎が発生した。超低出生体重児98例中15例 (15%) に限局性接触皮膚炎が発生し、体重が1,000gを超える新生児237例中4例 (1.5%) に炎症反応を認めた (P < 0.0001)。在胎期間が26週未満で、生後8日までにCVCを留置された新生児では、限局性接触皮膚炎リスクが上昇し、一方、対照群の新生児にはこうした限局性の反応は見られなかった [96]。

## 皮膚の清拭

### 勧告

CRBSI発生を低減するため、1日1回2%クロルヘキシジンで皮膚の清拭を行うこと [102-104]。 **カテゴリー II**

### 背景

ICU患者を1日1回2%クロルヘキシジン含浸タオルで清拭するのは、一次性BSI発生率を低下するのに容易で有効な方法である。ICU患者836例を対象とした単施設試験では、クロルヘキシジンで清拭した患者の方が石鹼と水で清拭した患者よりも一次性BSIへの罹患率が有意に低かった(患者1,000人日当たりの感染件数4.1対10.4;発生件数の差6.3[95%信頼区間、1.2～11.0) [102]。

## カテーテル固定器具

### 勧告

血管内カテーテルによる感染リスクを低減するために、無縫合式固定器具を使用すること [105]。

**カテゴリー II**

### 背景

カテーテルを固定することは、静脈炎、カテーテルの移動および脱落のリスクを低減する介入であることが認められており、CRBSI防止にも有益であると考えられる。CRBSIは、カテーテルの経皮挿入部位から皮膚常在細菌叢が侵入することで発生する。無縫合式固定器具を使用すれば、カテーテル挿入部位周辺の損傷を防ぎ、細菌の定着率を低下できると考えられる [105]。さらに無縫合式固定器具を使用すれば、偶発的な針刺し損傷による医療従事者の鋭利物傷害のリスクも軽減する。

## 抗菌薬／消毒薬含浸カテーテルとカフ

### 勧告

CLABSI発生率を低下させるために総合的な対策を実施したにもかかわらずCLABSI発生率が低下しない場合は、カテーテルの留置期間が5日を超えると予想される患者に対して、クロルヘキシジン／スルファジアジン銀含浸CVCまたはミノサイクリン／リファンピン含浸CVCを使用すること。上記の総合的な対策には、次の3つの要素を含むものとする：カテーテルの挿入と維持管理を行う医療従事者に対する教育、最大滅菌バリアプレコーションの使用、CVC挿入時の皮膚消毒におけるアルコールを含んだ0.5%を超える濃度のクロルヘキシジンの使用 [106-113]。カテゴリー IA

### 背景

カテーテルおよびカフの中には抗菌薬または消毒薬をコーティングまたは含浸させたものがあり、この種のカテーテル購入には余分なコストが必要ではあるが、CRBSIのリスク軽減とCRBSIの治療に伴う病院のコスト削減に貢献する可能性がある [110]。抗菌薬／消毒薬含浸カテーテルに関するほとんどの研究は、カテーテル留置期間が30日未満の成人患者を対象にトリプルルーメンのカフなしカテーテルを用いて実施されている。研究の大半は成人を対象にしているが、この種のカテーテルはFDAによって体重が3kgを超える患者に対する使用が認められている。小児ICU患者を対象にした2つの非無作為化研究 [112, 113] で、この種のカテーテルがカテーテル関連感染リスクを低減しうることが示唆されている。現在のところ、体重3kg未満の新生児に対して使用できる消毒薬または抗菌薬含浸カテーテルはない。

### クロルヘキシジン／スルファジアジン銀

クロルヘキシジン／スルファジアジン銀でルーメンの外側表面のみがコーティングされたカテーテルについて、CRBSIのリスク軽減効果が研究されている。第一世代カテーテルに関する2つのメタアナリシス [1, 263] によって、コーティングされていない標準的なカテーテルと比較して、この種のカテーテルがCRBSIのリスクを軽減することが立証されている。一方のメタアナリシスでは、カテーテルの平均留置期間は5.1～11.2日となっている [264]。現在、エクステンションセット（extension set）およびハブの内側に至るまでをクロルヘキシジンでコーティングし、ルーメンの外側表面をクロルヘキシジン／スルファジアジン銀でコーティングした第二世代カテーテルが市販されている。ルーメンの外側表面には第一世代のカテーテルと比較して3倍量のクロルヘキシジンがコーティングされており、表面の消毒薬がより長く放出される。第二世代カテーテルを対象とした3つの前向き無作為化研究では、いずれもカテーテルの菌定着が有意に低下したことを実証しているが、CRBSI発生率の差を示すのに十分な検出力はなかった [106-108]。抗感染性の作用が長期にわたって発揮されるため、感染防止効果が改善されるとの結果が出ている [265]。件数は少ないが、クロルヘキシジン／スルファジアジン銀がコーティングされたカテーテルの使用に伴うアナフィラキシーが報告されている [266-270]。

クロルヘキシジン／スルファジアジン銀のカテーテルは、標準的なカテーテルよりも高価である。しかしある分析では、他の予防対策（最大滅菌バリアプレコーション、無菌操作等）が遵守されているにもかかわらずCRBSIのリスクが高い環境では、クロルヘキシジン／スルファジアジン銀のカテーテルを使用することで、1カテーテルあたり68～391ドルのコストを削減できることが示唆されている [271]。ICU患者、熱傷患者、好中球減少性患者、1,000カテーテル挿入日あたりの感染率が3.3件を超える他の患者集団においては、この種のカテーテルの使用が費用対効果に優れている [264]。

## ミノサイクリン／リファンピン

多施設共同無作為化試験において、第一世代のクロルヘキシジン／スルファジアジン銀の含浸カテーテルと比較して、ミノサイクリン／リファンピンを内面と外面両方に含浸したCVCのCRBSI発生率が低いことが明らかになっている [109]。カテーテル留置6日目以降に効果が開始する。留置期間が平均60日を超えたミノサイクリン／リファンピン含浸シリコーン製CVCに、CRBSI低減効果が示された [111]。研究では、ミノサイクリン／リファンピン耐性菌は報告されていない。2つの試験によって、この種のカテーテルを使用した結果、コーティングされていないカテーテルよりもCRBSIが低減したことが実証された [110, 111]。今までのところ、第二世代のクロルヘキシジン／スルファジアジン銀カテーテルを用いた比較試験は公表されていない。耐性が出現する可能性に関する懸念はあるが、いくつかの前向き臨床試験ではこのリスクが低いことが示されている [272, 273]。さらに、臨床においてカテーテル使用に関連したミノサイクリン／リファンピンへの耐性は報告されていない。決定モデル解析を用いた2つの研究によって、第一世代のクロルヘキシジン／スルファジアジン銀カテーテルと比べてこの種のカテーテルに優れたコスト削減効果があることが明らかになっている [274, 275]。第二世代カテーテルと比較した解析も必要である。しかし、ベースラインの感染率が低下すれば、カテーテルに係るコストも軽減されるため、費用対効果比も変わると思われる。

クロルヘキシジン／スルファジアジン銀含浸カテーテルまたはミノサイクリン／リファンピン含浸カテーテルを使用するか否かは、バンドル化した標準的な手順（医療従事者の教育、最大滅菌バリアプレコーションの導入、アルコールを含んだ0.5%を超える濃度のクロルヘキシジンによる皮膚消毒等）を導入した後で、さらにCRBSI防止対策が必要であるかどうかを基準に判断されなければならない。耐性病原体出現の可能性や、こうした対策の導入コストとのバランスも考慮する必要がある。

## 白金／銀

白金と銀を含浸したカテーテル（銀イオン導入カテーテル）が、米国内で市販されている。この種のカテーテルとコーティングされていないカテーテルとを比較した前向き無作為化試験がいくつか公表されており [276-279]、そのうち1つで、カテーテルの菌定着率およびCRBSI発生率が低下したことが示されたが [278]、その他の試験では含浸カテーテルと非含浸カテーテル間にカテーテルの菌定着率またはCRBSI発生率に差は見られなかった [39, 276, 277]。この点から、白金／銀含浸カテーテルの使用に対して確固たる推奨はできない。

## 抗菌薬の予防的全身投与

### 勧告

カテーテルへの菌の定着またはCRBSIを防止する目的で、血管内カテーテルの挿入前あるいは使用中に抗菌薬の予防的全身投与を日常的に行わないこと [114]。カテゴリー IB

### 背景

カテーテル関連感染の防止における抗菌薬の予防的全身投与の役割を検証した研究がいくつかある。最近のメタアナリシスで、こうした腫瘍患者に関する研究が評価された [114]。4つの研究でカテーテル挿入前に予防的にグリコペプチドが投与されていた。しかし、これらの研究には均一性がないため、有効性に関する結論は出されなかった。

インターロイキン2による治療中の癌患者のカテーテル関連感染の予防を目的にリファンピンおよびノボピオシンの経口投与の効果を検証した研究が1つあり [280]、CRBSIの低下が認められた。ただし、全被験者26例中9例 (35%) が、副作用または毒性を理由にこうした抗菌薬の予防的投与を中止した。非腫瘍患者で、経静脈栄養のためにカテーテルを留置されている患者55例に関しては、カテーテル挿入前のバンコマイシン投与に伴うメリットはなかった [281]。心疾患手術を受ける患者が術前に抗菌薬の予防的投与を受けた場合も、中心静脈カテーテルの菌定着は軽減しなかった [282]。臍静脈カテーテルを留置された新生児への予防的抗菌薬投与に関する最近のコクランレビューは、無作為化試験から抗菌薬の予防的投与を支持または反駁するのに十分なエビデンスがないと結論付けている [283]。

遅発型新生児敗血症は、コアグラウゼ陰性ブドウ球菌が病原菌であることが多く、ほとんどの場合、感染した中心静脈カテーテルに由来していると考えられる。計371例の新生児を対象とした5つの試験で、経静脈栄養を介しての持続注入によるバンコマイシン投与群、間欠式投与によるバンコマイシン投与群、対照薬群を比較した。バンコマイシンを投与された新生児には、敗血症発生が少なく (RR 0.11 ; 95% CI 0.05 ~ 0.24)、コアグラウゼ陰性ブドウ球菌による敗血症も少なかった (RR 0.33; 95% CI 0.19 ~ 0.59) [284]。しかし、両群間に死亡率および入院期間の有意差はなかった。バンコマイシン耐性病原体の選択リスクを評価するにはデータが不十分であった。

## 抗菌薬／抗生物質軟膏

### 勧告

カテーテル挿入後および透析時間終了毎に、血液透析カテーテルの出口部分にはメーカーの推奨事項からみて血液透析カテーテルの材質との間に相互作用がない場合、ポビドンヨード抗菌軟膏、あるいはバシトラシン、グラミシジン、ポリミキシンB軟膏を使用すること [59, 115-119]。カテゴリー IB

### 背景

様々な局所用の抗菌薬軟膏または消毒薬軟膏が、カテーテル挿入部位の微生物の数を低減し、感染を予防する目的で使用されている。主に末梢静脈カテーテルを検証した過去の研究の多くでは、結論が一致していない [82, 285, 286]。さらに、抗真菌作用に限られる抗菌薬軟膏を使用すると、カンジダ属による定着や感染率が上昇する可能性がある [89]。

最近の研究で、特に血液透析を受けている患者など高リスク患者における軟膏処置が検証された [116-119]。10%ポビドンヨードの使用を評価した無作為化比較試験が3つあり [117-119]、カテーテルの菌定着、出口部の感染、血流感染が有意に低下したことが認められた。薬効は、黄色ブドウ球菌の鼻腔内保菌者で最も顕著であった [117-119]。

黄色ブドウ球菌鼻腔内保菌者は、非保菌者に比べてCRBSIになるリスクが高い [287-289]。そこで、研究者らは抗黄色ブドウ球菌薬となりうる局所用ムピロシンの有用性を評価することとなった。いくつかの試験によって、カテーテル挿入部位にムピロシン軟膏を塗布した例でCRBSIリスクが低減したことが実証された [117, 290-292]。他の研究では、鼻腔にムピロシン軟膏を塗布したケースに同様のメリットが見られた [288, 289, 293]。しかし、ムピロシン耐性が軟膏使用後間もなく出現したことが観察された施設もあり [88, 294, 295]、またムピロシンがポリウレタン製カテーテルを劣化させる可能性があるため、ムピロシンの軟膏による感染防止策に対する関心は減退している [94, 95]。

死亡率に対するムピロシン軟膏の有意な効果を実証した研究が1つだけある。この研究では、血液透析患者169例を対象に、カテーテル挿入部位へのバシトラシン、グラミシジン、ポリミキシンB軟膏塗布群と対照薬群とが比較され [296]、その結果、対照薬群の患者の感染率がバシトラシン、グラミシジン、ポリミキシンB軟膏患者群の感染率を上回っていた (34%対12%、相対リスク 0.35；95% CI 0.18 ~ 0.68)。1,000カテーテル挿入日あたりの感染件数 (4.10対1.02； $P < 0.0001$ )、1,000カテーテル挿入日あたりの菌血症件数 (2.48対0.63； $P = .0004$ ) も対照薬群で高かった。6ヵ月間の試験期間中に、対照薬群13例、バシトラシン、グラミシジン、ポリミキシンB軟膏群3例が死亡した ( $P = 0.004$ )。以上のように、血液透析患者を対象にした1つの研究からはバシトラシン、グラミシジン、ポリミキシンB軟膏が転帰を改善できることを示すエビデンスが得られているが、他の患者群での使用に関しては同等のデータは存在しない [296]。現在、米国内ではグラミシジン含有軟膏を入手できないことを注記しておく。

## 抗菌薬ロック、抗菌薬カテーテルフラッシュとカテーテル予防的ロック

### 勧告

予防的抗菌薬ロックは、無菌操作を最適かつ最大限に遵守したにもかかわらず複数回のCRBSIを起こした履歴をもつ長期カテーテルの患者に使用すること [120-138]。カテゴリー II

### 背景

CRBSIを防止するため、カテーテルルーメンのフラッシュまたはロックに、多種多様な抗菌薬および消毒薬の溶液が使用されている [120-138]。カテーテルロックは、抗菌薬溶液でカテーテルルーメンを満たし、カテーテルを使用していない期間それらを貯留させることができる技術である。感染防止を目的として中心静脈カテーテルのフラッシュまたはロック用に様々な濃度の抗菌薬が単独で使用（特定の病原菌を標的とした場合）、または併用（経験によって知られた広範囲の病原体を標的とする場合）されてきた。この種の抗菌薬には、バンコマイシン、ゲンタマイシン、シプロフロキサシン、ミノサイクリン、アミカシン、セファゾリン、セフォタキシム、セフトジジムがあり、消毒薬にはアルコール、タウロリジン、クエン酸三ナトリウムがある（米国内では、この適用に対するタウロリジンおよびクエン酸三ナトリウムは承認されていない）。通常、この種の薬剤はヘパリンやEDTA等の抗凝固剤として作用する成分と併用される。研究の大半は、血液透析患者、新生児、好中球減少性腫瘍患者等の比較的少数の高リスク患者を対象としている。大半の研究によって、抗菌薬フラッシュやロック溶液がカテーテル関連感染に有効であることが示されてはいるが、副作用、毒性、アレルギー反応、抗菌薬に伴う耐性発現等の可能性があることも考慮に入れる必要がある。使用された成分が広範囲であること、研究の対象患者集団の不均一性、研究の規模またはデザインが限定されていることから、この種の薬剤の使用を一般推奨事項にはできない。さらに、FDAによって市販が承認された製剤はなく、ほとんどの製剤は病院薬局で調合される。そのうちいくつかの研究の概要を以下にまとめた。

カテーテルのフラッシュ溶液またはロック溶液に関して、少なくとも10件の研究が、血液透析患者を対象に実施されている [128, 129, 131-138]。3つのメタアナリシスはいずれも、カテーテルロック溶液が血液透析患者のCRBSIリスクを軽減したことを実証した [297-299]。この中で最大規模の研究は、被験者291例を対象とした30%クエン酸三ナトリウムとヘパリンを比較する前向き無作為化試験で [133]、カテーテルをクエン酸三ナトリウム溶液でロックした患者群においてCRBSI発生率が有意に低く（1,000カテーテル挿入日あたり4.1対1.1、 $P < 0.001$ ）、血栓またはカテーテル閉塞に有意差はなかった。ただし、注入が速いと濃縮クエン酸溶液によって重篤な低カルシウム血症や不整脈が引き起こされたり、死亡に至ったりする可能性もある。血液透析患者を対象とした2番目に大規模な研究は、セファゾリン、ゲンタマイシン、ヘパリンを含むカテーテルロック溶液の効果をヘパリンのみを使用した患者と比較して検証したもので [135]、被験者120例において、抗菌薬ロック溶液を使用した患者のCRBSI発生率が有意に低かった（1,000カテーテル挿入日あたり0.44対3.12、 $P = 0.03$ ） [135]。この他にも、血液透析患者を対象として、ミノサイクリン、ゲンタマイシン、EDTA、ヘパリン、タウロリジン、バンコマイシン、セフォタキシムについて検討が行われている。少なくとも5つの試験が小児腫瘍患者を対象として実施されている [120, 121, 124, 126, 127]。最大規模の試験は、被験者126例を対象に、バンコマイシン、シプロフロキサシン、ヘパリンの併用（VCH）、バンコマイシンとヘパリンの併用（VH）、ヘパリン単独（H）を比較した前向き無作為化二重盲検試験である [124]。ヘパリン単独（H）群に比べてVCH群およびVH群ではCVC関連感染発生までの時間が有意に長く、感染率はいずれかの抗菌薬含有溶液を使用した群の方がヘパリン単独群よりも有意に低かった（1,000カテーテル挿入日あたりH群：1.72、VCH群：0.55、VH群：0.37）。

バンコマイシン含有ロック溶液またはフラッシュ溶液とヘパリン単独の有用性を比較検証した7つの無作為化比較試験に関するメタアナリシスでは、バンコマイシン溶液とヘパリン溶液のリスク比は0.49であった（95% CI 0.26 ~ 0.95、 $P = 0.03$ ） [300]。以上のことから、カテーテルロック法は、カテーテル内をバンコマイシンで単純にフラッシュする方法よりもメリットが大きいことが明らかであるといえる。

最近、前向き無作為化二重盲検試験によって、腫瘍患者の一次性CRBSI予防を目的とした70%エタノールロック溶液とヘパリン加生理食塩水の有用性が比較された。一次性CRBSI発生率は、エタノールロック式防止療法を受けた患者の方が有意に低かった（1,000カテーテル挿入日あたり0.60対3.11；OR 0.18, 95% CI 0.05～0.65、P = 0.008）[301]。

## 抗凝固薬

### 勧告

一般患者集団に対して、カテーテル関連感染のリスクを低減させる目的で、抗凝固薬を日常的に投与しないこと [139]。カテゴリー II

### 背景

血管内カテーテルは、挿入直後にフィブリン、血漿蛋白や、血小板および赤血球細胞等の細胞成分からなるコンディショニングフィルムで覆われる [213, 302]。そのコンディショニングフィルムに微生物が相互作用して、カテーテルに菌が定着する [303]。中心静脈カテーテルの血栓と感染は密接に相関しており [221, 304, 305]、そのため、これまで抗凝固薬が、カテーテルの血栓防止とともに、おそらくは感染リスクの軽減を目的として使用されてきた。

短期CVCを使用する患者におけるヘパリン感染予防法（経静脈栄養に3単位/mLの割合でヘパリンを添加し、これを6時間毎または12時間毎に5,000単位フラッシュするか、皮下に低分子量ヘパリンを2,500単位投与する）のメリットを評価したメタアナリシスでは、ヘパリンの予防的な使用によりカテーテル関連の中心静脈血栓リスクの低下が認められた [139]。しかし、CRBSI発生率については十分な差を認めることはできなかった。これよりも後に、非トンネルタイプのカテーテルを使用する患者204例をヘパリン持続注入群（100単位/体重kg/日）か食塩水（50 mL/日）持続注入群のどちらかに割り付けた前向き無作為化試験が実施され [306]、その結果、ヘパリン持続注入群でCRBSI発生率に有意な低下が見られた（1,000カテーテル挿入日あたり2.5対6.4）。大部分のヘパリン溶液が抗菌作用を持つ防腐剤を含んでいることから、CRBSI発生率の減少が血栓形成の減少によるものか、防腐剤によるものか、あるいは両方によるものであるのかは不明である。大部分の肺動脈カテーテル、臍カテーテル、中心静脈カテーテルについては、ヘパリン結合コーティングされたものが市販されている。なかでもヘパリンとベンザルコニウムを結合したものが一般的であるが、これは抗菌作用 [307] と抗血栓効果 [308] を持っている。ただし、中にはベンザルコニウムをコーティングしていないカテーテルに直接ヘパリンを結合したカテーテルもある [309]。複数の研究で、ヘパリン結合カテーテルが血栓リスクおよびCRBSI発生リスクを低減したことが示されたが [306, 308-310]、クロルヘキシジン/スルファジジン銀含浸カテーテルと比較してカテーテルの菌の定着軽減効果は低かった [311]。残念なことにヘパリンが血小板減少症を誘発することがあるため、多数の臨床医がヘパリンの使用を回避している [312]。クエン酸三ナトリウムには、抗凝固作用と抗菌作用の両方があるため、カテーテルロック溶液として推奨されてきた [133]。血液透析患者を対象とした前向き無作為化二重盲検試験で、透析の間にヘパリンを使用した（5,000単位/mL）群の方が30%クエン酸三ナトリウムを使用した群よりもCRBSI発生率が有意に高かった（1,000カテーテル挿入日あたり4.1対1.1） [313]。

ワルファリンはCVC血栓形成ならびに感染の減少のための手段として評価が行われている [314-318]。長期CVCを使用する患者においては、ワルファリンの低用量投与（1 mg/日）でカテーテル血栓の発生率が低下した [142, 143]。ただし、他の研究では血栓減少は確認されておらず、さらに別の研究では5-FUの投与を受ける患者に有害な相互作用が認められた [319, 320]。データは限られているが、低用量ワルファリンで癌患者の血栓形成リスクが低減する一方、感染合併症の低減はこれまでのところ示されていない。いくつかの研究で20%を超える患者にプロトロンビン時間の延長が見られ、用量調整が必要となった [321]。第Xa因子阻害薬や直接トロンビン阻害薬等の他の抗凝固薬のカテーテル関連感染リスク低減効果に関しては、現在までのところ十分な評価はされていない。

## 末梢カテーテルおよびミッドラインカテーテルの交換

### 勧告

1. 成人では、感染や静脈炎のリスクを低減するために72～96時間よりも頻回に末梢カテーテルを交換する必要はない [36, 140, 141]。カテゴリー IB
2. 成人において、臨床的に必要な時にのみ末梢カテーテルを交換することに関する勧告はない [142-144]。  
未解決の課題
3. 小児患者の場合、臨床的に必要な時にのみ、末梢カテーテルを交換すること [32, 33]。カテゴリー IB
4. ミッドラインカテーテルは、特定の適応がある場合にのみ交換すること。カテゴリー II

### 背景

静脈炎やカテーテル関連感染防止の観点から、定期的に血管内カテーテルを交換するよう提案されてきた。ショートタイプの末梢静脈カテーテルの研究によると、カテーテルの留置時間が72時間を超えると血栓性静脈炎発生率や菌の定着率が増加することが明らかになっている [258]。しかし、末梢カテーテルの留置時間が72時間の場合と、96時間の場合を比較しても、静脈炎の発生率に事実上の差は認められない [141]。静脈炎やカテーテルの菌の定着は、カテーテル関連感染のリスク上昇を招くため、感染リスクと静脈炎による患者の不快感を軽減することを目的にショートタイプの末梢静脈カテーテルの留置部位を72～96時間間隔で交換することが一般的になっている。

カテーテルを計画通り72時間毎に抜去した場合と、必要時に抜去した場合を比較した研究から、静脈炎発生率およびカテーテルの損傷は同等であったことが示された [142-144]。ただし、どの研究もCRBSIの問題を取り上げておらず、この2つの抜去法に伴うCRBSIリスクは十分に検討されていない。

ミッドラインカテーテルは、ショートタイプの末梢カテーテルよりも静脈炎の発生率が低く、感染率もCVCより低くなっている [322-324]。140のミッドラインカテーテルを対象にしたある前向き研究では、このタイプのカテーテルのBSI発生率は、1,000カテーテル挿入日あたり0.8であった [324]。カテーテルの留置期間を含めて、感染に結びつく明確なリスクファクターは認められない。ミッドラインカテーテル留置期間の中央値は7日、最大値は49日であった。同研究の結果は、明確な徴候があるまでミッドラインカテーテルの交換は不要であることを示唆しているが、CRBSIの防止対策としてミッドラインカテーテルの定期的な交換のメリットを評価する前向き研究や無作為化研究は実施されていない。

## PICCと血液透析カテーテルを含むCVCの交換

### 勧告

1. カテーテル関連感染の予防を目的として、CVC、PICC、血液透析カテーテル、肺動脈カテーテルを日常的に交換しないこと。**カテゴリー IB**
2. 発熱のみを根拠にCVCやPICCを抜去しないこと。他の部位で感染が証明された場合や、発熱の原因が感染以外であることが疑われる場合には、カテーテル抜去の是非を臨床的に判断すること。**カテゴリー II**
3. 非トンネルタイプのカテーテルでは、感染を防止する目的で、ガイドワイヤーを用いたカテーテル交換を日常的に行わないこと。**カテゴリー IB**
4. 感染が疑われる非トンネルタイプのカテーテルを交換する際、ガイドワイヤーを使用しないこと。  
**カテゴリー IB**
5. 機能不全の非トンネルタイプのカテーテルを交換する際には、感染の証拠がない場合、ガイドワイヤーを使用すること。**カテゴリー IB**
6. ガイドワイヤーを用いた交換の際には、新しいカテーテルを扱う前に新しい滅菌手袋を着用すること。  
**カテゴリー II**

### 背景

CRBSIを予防するために、定期的にかテーテルを交換しても発生率は低下しない。カテーテルの交換を7日毎に行った場合と必要に応じて行った場合について2つの試験が実施されている [165, 325]。一方の試験は、CVC、肺動脈カテーテルもしくは末梢動脈カテーテルを必要とする外科ICU患者112例を対象に実施されており [165]、もう一方の試験では、鎖骨下血液透析カテーテルのみが対象となっている [325]。いずれの試験においても、カテーテルの交換を7日毎に行った患者と、必要に応じて行った患者でCRBSIの発生率に違いは認められていない。

CRBSI予防措置として、ガイドワイヤーを用いた定期的なCVCの交換も提案されている。CVCの管理に関する12の無作為化比較試験についてメタアナリシスを実施したが、必要に応じてカテーテルを交換した場合とガイドワイヤーを用いて定期的にCVCを交換した場合を比較しても、CRBSI発生率低下を立証することはできなかった [326]。したがって、正常に機能しており、局部的あるいは全身的な合併症を引き起こす根拠がない限り、CVCを定期的に交換する必要はない。

ガイドワイヤーを用いたカテーテルの交換は、機能不全のカテーテルの交換や、観血的モニタリングが不要となった場合に肺動脈カテーテルをCVCと交換する手法として認められており、新たな部位に経皮的に挿入するよりも不快感が軽減され、機械的な合併症が大幅に減少する [327]。さらに、この方法は患者によっては限られた静脈アクセスを維持するためにも有効である。通常、血管への挿入部位から皮膚への経路の菌の定着が感染源になるため、菌血症がある場合にはガイドワイヤーを使用して一時的なカテーテルを交換することは好ましくない [37, 327]。しかし、トンネルタイプ血液透析カテーテルを使用し菌血症を罹患する特定の患者においては、抗菌剤による治療と併用してガイドワイヤーによりカテーテルを交換する方法は、静脈アクセスが限られた患者を救うための選択肢となりうる [328-331]。

小児の静脈アクセスを得るのは非常に困難であることから、カテーテル交換回数には注意を払わなければならない。生存時間解析法を用いて小児ICU患者における中心静脈カテーテル留置期間と合併症との相関を検証した研究が1件あり、それによると対象患者全員 (397例) が中央値23.7日の間、感染しなかった [250]。さらに、カテーテル留置期

間と1日あたりの感染確率との間に相関はなく ( $r = 0.21$ ;  $P > 0.1$ )、このことからCVCを定期的に交換してもカテーテル関連感染発生率は低下しないことが示唆される [250]。

新生児の静脈アクセスはさらに限られている。最近のコクラン共同計画総合データベースレビュー (Cochrane Database Systemic Review) でまとめられた4つの無作為化試験では、経皮的中心静脈カテーテルによる経静脈栄養と、末梢静脈カテーテルによる経静脈栄養の有効性が比較された。経皮的CVC留置群に無作為割り付けされた新生児では痛みを伴う手技 (静脈穿刺) があまり必要とされず、BSIの増大を示すエビデンスは認められなかった [332]。

血栓形成によるCVCの閉塞は、最も一般的な新生児のCVC抜去の理由の1つである。カテーテル閉塞を防止するために様々な方法が試みられてきた。最近、無作為化試験 ( $n = 201$ ) によって、ヘパリン持続注入 (0.5単位/体重kg/時間) と対照薬注入とのカテーテル留置期間延長効果が比較評価された。カテーテル抜去の原因となるカテーテル閉塞の発生率は、ヘパリン群の方が低かった (6%対31%、 $P = 0.001$ :  $NNT = 4$ )。CRBSI発生率は両群で同等であった。ただし、同研究は、CRBSI発生率の差を評価するほどの検出力はなかった。ヘパリン抗体値は定期的には測定されていなかった [333]。

## 血液透析カテーテル

血液透析時のカテーテルの使用は、透析患者の菌血症を引き起こす最大の要因である [334, 335]。透析カテーテルを使用する患者における菌血症の相対リスクは、動静脈 (AV) シャント造設済み患者のリスクの7倍である [336]。慢性腎不全患者では、血液透析カテーテルよりも感染リスクが低いことから、AVシャントおよびグラフトが優先的に使用される。透析のために一時的なアクセスが必要で、もしカテーテルの留置期間が3週間を超えると予想される場合は、ICUであってもカフ無しよりもカフ付きのトンネルタイプカテーテルを使用することが望ましい [59]。

## 肺動脈カテーテル

肺動脈カテーテルは、テフロン製のイントロデューサーを使って挿入され、一般的に平均3日間にわたって留置される。肺動脈カテーテルの大部分がヘパリン結合タイプで、カテーテル血栓症やカテーテルへの細菌の付着が低減される [307]。メタアナリシスによると、肺動脈カテーテルに相関するCRBSI発生率は1,000カテーテル挿入日あたり3.7で、薬剤を結合させていない非トンネルタイプのCVC (1,000カテーテル挿入日あたり2.7) よりも幾分高い [6, 45]。

前向き研究のデータから、カテーテル留置期間が長いほど、有意なカテーテルの菌の定着およびCRBSIのリスクが高いことがわかっている。総体的に、カテーテルへの有意な菌定着リスクはカテーテル挿入後4日目以降に増大し [75, 337, 338]、CRBSIリスクはカテーテル挿入後5～7日目以降に増大する [75, 84, 166]。感染がイントロデューサーに関連するのか、肺動脈カテーテルに関連するのかを識別する取り組みが必要である。有意な菌定着は、肺動脈カテーテルよりもイントロデューサーの方が早期に発生する [337, 339]。しかし、いずれの研究でもカテーテルの定期的な交換がCRBSIリスク軽減に効果的であることは示されていない [165, 327, 339]。継続的に血行動態モニタリングを必要とする患者では、7日間隔よりも短い間隔で肺動脈カテーテルを交換する必要はない [339]。必要留置期間が7日を超えるカテーテルの定期的な交換については具体的な勧告はない。

肺動脈カテーテルは、通常、カテーテルを持って留置する際に起こりうる接触汚染を防止するための薄いプラスチック製のスリーブに包装されている。カテーテルについての166の研究では、スリーブ付きカテーテルの留置に無作為に割り付けられた群の方が、スリーブ無しで肺動脈カテーテルを留置する群よりもCRBSIリスクが軽減した ( $P = 0.002$ ) [81]。

## 臍カテーテル

### 勧告

1. CRBSI、下肢の血管の機能不全あるいは血栓症の徴候が認められた場合には、臍動脈カテーテルを抜去し、交換は行わないこと [145]。 **カテゴリー II**
2. CRBSIあるいは血栓症の徴候が認められた場合には、臍静脈カテーテルを抜去し、交換は行わないこと [145]。 **カテゴリー II**
3. カテーテルを通して抗菌薬を投与することにより臍カテーテルを温存しようとするに関する勧告はない。 **未解決の課題**
4. 臍カテーテルを挿入する前には、消毒薬で挿入部位を洗浄すること。新生児の甲状腺に影響をおよぼす恐れがあるため、ヨードチンキを使用しないこと。他のヨウ素含有製品（ポビドンヨード等）は使用してもよい [146-150]。 **カテゴリー IB**
5. 臍カテーテル挿入部位に対する局所的な抗菌薬軟膏またはクリームの使用は、真菌感染および抗菌薬耐性を促進する恐れがあるため行わないこと [88, 89]。 **カテゴリー IA**
6. 臍動脈カテーテル経由で注入する輸液製剤には、低濃度のヘパリン（0.25～1.0 U/mL）を添加すること [151-153]。 **カテゴリー IB**
7. 臍カテーテルは、必要でなくなった場合や、下肢血管の機能不全の徴候を認めた場合にはできるだけ早く抜去すること。臍動脈カテーテルの場合、留置期間は5日を超えないことが望ましい [145, 154]。 **カテゴリー II**
8. 臍静脈カテーテルは必要でなくなった場合には、可能な限り早期に抜去すること。ただし、無菌管理下であれば最大14日間使用してもよい [155, 156]。 **カテゴリー II**
9. 臍カテーテルに機能不全を認め、抜去すべき他の徴候を認めない場合、臍動脈カテーテルでは留置期間が5日、臍静脈カテーテルでは留置期間が14日を超えていなければ、カテーテルを交換してもよい。 **カテゴリー II**

### 背景

出生後まもなく臍の断端には濃厚な細菌の定着が見られるにもかかわらず、新生児の血管へのアクセスとして臍血管カテーテル処置がしばしば用いられる。臍血管へのカニューレ挿入は容易であり、血液サンプルの採取や血行動態を測定することができる。カテーテルの菌の定着率やBSIの発生率は、臍静脈カテーテルの場合も臍動脈カテーテルの場合も同様である。いくつかの研究で、臍動脈カテーテルの40～55%で菌の定着が見られ、5%がCRBSIに至ること、臍静脈カテーテルでは22～59%で菌の定着がみられ [147, 148, 340]、3～8%がCRBSIに至ること [148] が明らかになっている。ハイポジション（横隔膜より上）の臍カテーテルもローポジション（横隔膜より下で大動脈分岐より上）の臍カテーテルもCRBSIの発生率は同レベルであるが、ハイポジションの場合は、血管合併症の発生率が低く、有害な続発症が増大することもない [148]。

臍動脈カテーテルと臍静脈カテーテルで感染のリスクファクターは異なる。ある研究では、10日を超えて抗菌薬の

投与も受けた低出生体重児では、臍動脈CRBSIのリスクが増大することが明らかになっている [148]。一方、出生時体重が重く、経静脈的栄養輸液の投与を受けた新生児では、臍静脈CRBSIのリスクが増大する。なお、いずれの臍カテーテルにおいても、カテーテル留置期間は感染の独立リスクファクターではない。

最近実施された無作為化試験 (n = 210) では、長期 (最長28日) にわたり臍静脈カテーテルを留置した場合、CRBSI発生率が臍静脈カテーテルを短期 (7 ~ 10日) 間留置した後に経皮的中心静脈カテーテルを留置する群に無作為に割付けされた新生児と同等もしくは、同等以下となるかどうか評価された。その結果、CRBSI発生率は、短期カテーテル留置新生児 (13%) と比べて、長期カテーテル留置新生児の方が高かった (20%)。この差は統計的に有意ではなかった (P = 0.17)。ただし研究の検出力は充分ではなく、静脈血栓症発生率の差を評価する検出力を有していなかった [341]。

## 成人および小児患者に対する末梢動脈カテーテルと血圧モニタリングデバイス

### 勧告

1. 成人患者の場合、感染リスクを低減させるために、大腿または腋窩動脈よりも、橈骨、上腕または足背動脈を挿入部位とするのが望ましい [46, 47, 157, 158]。カテゴリー IB
2. 小児患者の場合、上腕動脈を使用すべきではない。大腿や腋窩動脈より、橈骨、足背、後脛骨動脈を挿入部位とするのが望ましい [46]。カテゴリー II
3. 末梢動脈カテーテル挿入時には、最低でも帽子、マスク、滅菌手袋、小型の滅菌穴あきドレープを使用すること [47, 158, 159]。カテゴリー IB
4. 腋窩動脈カテーテルまたは大腿動脈カテーテルの挿入時には、最大滅菌バリアプレコーションを実施すること。カテゴリー II
5. 動脈カテーテルは、臨床的に必要性があるときにのみ交換すること。カテゴリー II
6. 動脈カテーテルは、必要でなくなった場合可能な限り早期に抜去すること。カテゴリー II
7. 再利用可能なタイプではなく、可能な限り使い捨てタイプのトランスデューサーアセンブリーを使用のこと [160-164]。カテゴリー IB
8. カテーテル関連感染予防を目的として、動脈カテーテルを日常的に交換しないこと [165, 166, 167, 168]。  
カテゴリー II
9. 使い捨てまたは再利用可能なトランスデューサーは、96時間間隔で交換すること。血圧モニタリングシステムの他のコンポーネント（連結管、連続フラッシュ器具、フラッシュ溶液を含む）もトランスデューサー交換時に交換すること [37, 161]。カテゴリー IB
10. 血圧モニタリングシステムの全てのコンポーネント（校正用の器具やフラッシュ用の水溶液を含む）を無菌に維持すること [160, 169-171]。カテゴリー IA
11. 血圧モニタリングシステムの操作回数と同回路への進入を最低限に抑えること。血圧モニタリングカテーテルの開通性維持には、開放式のフラッシュシステム（シリンジと活栓を必要とするもの）ではなく、閉鎖式のフラッシュシステム（持続フラッシュシステム）を用いること [163, 172]。カテゴリー II
12. 活栓ではなく隔壁となる膜経由で血圧モニタリングシステムにアクセスする場合、アクセスに先立ち適正な消毒薬で隔壁となる膜をよく拭くこと [163]。カテゴリー IA
13. 血圧モニタリング回路を通じてブドウ糖含有溶液や静脈栄養輸液製剤を投与しないこと [163, 173, 174]。  
カテゴリー IA
14. 使い捨てタイプのトランスデューサーを使用できない場合は、メーカーの取扱説明書に従い、再利用可能なタイプのトランスデューサーを滅菌すること [163, 173-176]。カテゴリー IA

## 背景

通常、動脈カテーテルは橈骨動脈もしくは大腿動脈に挿入され、連続的な血圧モニタリングや血液ガス測定に使用される。動脈カテーテルのCRBSI発生率は、コーティングされたカフなし非トンネルタイプの短期CVCよりも低い（1,000カテーテル挿入日あたり1.7対2.7） [6]。ただし動脈カテーテルのCRBSI発生リスクは、コーティングされていないカフなし非トンネルタイプ短期CVCとは同等である [6]。CVCとは異なり、動脈カニューレ挿入中に完全なバリアプレコーションを講じても、動脈のCRBSI発生リスクは低減しないことがわかっている [158, 159]。いずれにせよ、最大滅菌バリアプレコーションを含む感染防止計画を実施して動脈カテーテルを挿入すれば、CRBSI発生率を非常に低く抑えることができる（1,000カテーテル挿入日あたり0.41） [47]。メタアナリシスでは3ヵ所の挿入部位（橈骨動脈、大腿動脈、腋窩動脈）におけるCRBSI発生率の差を認めなかったが [342]、菌の定着は大腿動脈に挿入したカテーテルに最も多く見られた [158]。さらに、最大滅菌バリアプレコーションを講じて挿入した2,900を超える動脈カテーテルに関する前向き観察研究によって、挿入部位を大腿動脈とした場合のCRBSI発生率が挿入部位を橈骨動脈とした場合のほぼ8倍となったことが実証された [343]。さらに、大腿動脈に挿入した場合の方が、グラム陰性菌によるCRBSI発生リスクが大きかった [343]。橈骨と足背との比較では、両者のカテーテルへの菌定着率およびCRBSI発生率は同等であることが明らかとなっている [157]。CRBSI発生リスクはカテーテルの留置期間に比例して増大する [166, 344] が、カテーテルをスケジュール通り定期的に交換しても、CRBSI発生リスクは低減しない [165]。カテーテルの必要留置期間が5日を超える場合は、感染のエビデンスが見られない限り日常的に交換すべきではない。

## 輸液セットの交換

### 勧告

1. 血液、血液製剤、脂肪乳剤の投与を行っていない患者の場合は、二次的セットや追加器具を含む連続使用する輸液セットは、96時間以上の間隔を空け [177]、少なくとも7日毎に交換すること [178-181]。  
カテゴリー IA
2. 断続的に使用された輸液セットの交換頻度に関する勧告はない。未解決の課題
3. 埋め込み型ポートにアクセスする針の交換頻度に関して勧告はない。未解決の課題
4. 血液、血液製剤、脂肪乳剤（アミノ酸およびブドウ糖と組み合わせた3種混合タイプのものや単独注入するもの）の投与に使用した輸液ラインは、注入開始から24時間以内に交換すること [182-185]。  
カテゴリー IB
5. プロポフォールの注入に使用する輸液ラインは、メーカーの推奨（FDAウェブサイト：Medwatchを参照）に従い、バイアルを交換する時、6時間毎または12時間毎に交換のこと [186]。カテゴリー IA
6. 埋め込み型ポートにアクセスするための針の使用期間に関する勧告はない。未解決の課題

### 背景

IV輸液セットの最適な定期交換頻度については、数々の優れた比較試験およびメタアナリシスで検証されており、こうした研究のデータから、輸液セットの使用開始後72～96時間より頻繁に交換しないことが、安全かつ費用対効果に優れていることが明らかとなっている [141, 177, 179-181]。さらに最近の研究データでは、輸液セットが抗菌カテーテルと併用されているか、病原菌の繁殖を促進するような液剤（経静脈栄養や血液等）が使用されていないならば、最長7日間安全に使用できることが示唆されている [216, 345]。病原菌の繁殖を促進する液剤（脂肪乳剤や血液製剤等）を注入する場合は、これらがCRBSIの独立リスクファクターであると認識されていることから、もっと頻繁に輸液セットを交換するように示されている [182, 216, 346-350]。埋め込み型ポートへのアクセスに使用する針の留置時間およびCRBSIの発生リスクに関するデータはほとんどなく、中には針を数週間留置してもCRBSIが発生しなかった施設が何件かあったことから [351]、この管理法に関してはまだ十分に研究されていないといえる。

## ニードルレス血管内カテーテルシステム

### 勧告

1. ニードルレス血管内器具の部品の交換は、最低限、輸液セットの交換頻度と同じ頻度で実施のこと。72時間毎より頻回に交換することのメリットはない [39, 187-193]。カテゴリー II
2. ニードルレスコネクタは、感染率を低下させる目的で、72時間毎よりも頻回に交換しない。もしくはメーカーの推奨に従って交換すること [187, 189, 192, 193]。カテゴリー II
3. 輸液関連の部品はすべて、システム内の漏出や破損を最小限に抑えられるものであることを確認すること [194]。カテゴリー II
4. 適切な消毒薬（クロルヘキシジン、ポビドンヨード、ヨードホルム、70%アルコール）でアクセスポートをよく拭き、また滅菌された器具のみを用いてポートにアクセスするよう注意することによって、汚染リスクを最小限とすること [189, 192, 194-196]。カテゴリー IA
5. 静脈ラインへのアクセスにはニードルレスシステムを使用すること。カテゴリー IC
6. ニードルレスシステムを使用するときは、いくつかのメカニカルバルブが感染リスクを増大させるため、それらのメカニカルバルブよりも、スプリットセプタムの方が望ましいかもしれない [197-200]。

カテゴリー II

### 背景

薬剤注入、IV輸液投与、血液サンプルの採取等に使用される三方活栓は、血管内カテーテルやIV輸液製剤への微生物の侵入口となる恐れがある。三方活栓の汚染がCRBSI病原菌の事実上の侵入口であるか否かはまだ立証されていない。いずれにせよ、活栓は使用していないときにはキャップをしておくようにする。一般的に、閉鎖式カテーテルアクセスシステムは、開放式システムよりもCRBSIの発生率が低く、優先して使用すべきである [352]。

三方活栓の代わりに「ピギーバック」システム（メインの輸液セットにあるポートを通して輸液を間欠的に送り込む二次システム）が使用されている。しかし、注入ポートのゴム製の薄膜に刺さる器具が部分的に空気にさらされた場合や、ポートに針を固定するために使用される未滅菌テープと直接接触した場合等には、このシステムでも血管内への輸液製剤が汚染される危険がある。ピギーバックシステムの改良タイプを使用すれば、汚染を防止できる可能性がある [353]。

鋭利物による負傷を減らす目的と、それに起因する医療従事者の血液感染リスクを軽減する試みとして、ニードルレス注入システムが設計・導入されている。ニードルレスコネクタは様々なタイプが市販されている。

ニードルレスシステムコネクタの最初のタイプは、針ではなくブラントカニューレ（鈍針）でアクセスするスプリットセプタムコネクタ付きのもの（外部カニューレを挿入することでスプリットセプタムが作動する）である。カニューレを装着するコネクタ内に大きなスペースがあるため、カニューレを抜去すると陰圧が生じて血液が逆流し、カテーテルの閉塞や血栓が起こる恐れがある。この問題は、ルアー作動デバイス（コネクタを通して液体が流出しないよう設計されたバルブを採用したもの）によって解決されている。ルアー作動デバイスの中には、使用していないときにバルブにキャップをする必要のあるものがあるが、これは無菌状態を維持しにくいいため汚染されやすい可能性がある。

これとは別の第二世代ニードルレスシステムは、カテーテルの閉塞問題に取り組んだものである。このシステムでは

陽圧または等圧置換が組み込まれており、吸引された血液をフラッシュさせるか、カテーテルに血液が吸引されるのを防ぐ。

いくつかの研究で、ニードルレスコネクタやメカニカルバルブの使用はコネクタへの菌の定着を軽減するのに有効であることが明らかとなつてはいるが [196, 354, 355]、中には三方活栓およびキャップを使用したものと比較して有効性が実証されなかった研究もある [356]。ある研究 [354] では、標準的な三方活栓よりもニードルレスコネクタによるものの方がCRBSI発生率が低かった。コネクタを介した微生物の伝播を防ぐには、適切な消毒剤を使用する必要がある [357]。いくつかの研究によって、菌の定着を軽減するには、クロルヘキシジン/アルコール溶液でデバイスを消毒するのが最も有効であることが示されている [195, 196]。さらに、消毒時間も重要であると思われる。ある研究によって、70%アルコールでルアー作動デバイスを3～5秒拭いただけでは膜の中隔表面は十分に消毒できなかったことが認められた [358]。ただし、アウトブレイクに関する調査からは、外部カニューレ作動型スプリットセプタムニードルレスデバイスからメカニカルバルブデバイスへ変更したことに関連してCRBSI発生率が上昇したことが報告されている [197, 198, 200, 359]。この相関の理由はまだ解明されておらず、特にニードルレスコネクタの物理学的および機械的特性がデバイスごとに異なることから、CRBSI発生率上昇がデバイスに特異なものか、デバイスのクラスに関係しているのかもわかっていない。さらに、ある調査で、ルアー作動陰圧置換メカニカルバルブからルアー作動陽圧置換メカニカルバルブへの変更に伴いCRBSIの発生率が上昇したことが認められた [199]。しかしある観察研究では、バンドル化した感染防止対策の一環としてルアー作動陰圧置換メカニカルバルブから別のルアー作動陽圧置換メカニカルバルブに変更した例で、CRBSIの発生率が有意に低下した [201]。このようなデバイスに関連したアウトブレイクは、プラスチック製ハウジングの隔壁インターフェースの物理学的特性、輸液製剤の流動性（層流、乱流等）、内側面積、液体が流動しないデッドスペースがあること、デバイスが不透明で液体の流路が十分に視認できないことが原因で生じる不十分な器具フラッシュ、病原菌が潜伏しうるデバイス内部の凹凸（特に採血に使用するカテーテルで起こりうる）等が原因でコネクタ表面を十分に消毒するのが困難であるためだとも説明できる [199]。中には、ルアー作動デバイスへの変更に伴い上昇したCRBSI発生率と、不適切な洗浄やデバイスを頻回交換しないという感染管理対策が適切に実施できなくなったこととの間に相関があることを示す研究もある [192, 194]。さらに、銀でコーティングされたコネクタバルブはFDAによって承認済みではあるが、このデバイスを研究した無作為化試験は公開されておらず、使用に関する勧告はできない。これと同じように、ニードルレスコネクタ用消毒薬バリアキャップを実験室で研究したところ、微生物の侵入を有効に防止することが明らかとなったが [360]、臨床試験ではまだ検証されていない。

## パフォーマンス向上対策

### 勧告

エビデンスに基づく勧告事項の遵守度を向上させるために、多面的な対策を「バンドル」としてまとめた医療機関独自または連携ベースのパフォーマンス向上対策を講じること [15, 69, 70, 201-205]。 **カテゴリー IB**

### 背景

診療臨床方針の決定者、保険支払い機関、安全性に関する患者の代弁者によって、研究の結果を日常の医療業務に活用することが重要であると強調されている。今後も、高い内部妥当性ととともに、適切な外部妥当性を達成できる集団を対象とした研究デザインを利用してCRBSI防止対策を厳密に評価していく必要がある。対策が有効であり且つ経済効果が優れていると認められれば、次の段階ではこうしたエビデンスに基づく対策を実行に移して、日常の臨床ケアの一環とする。残念ながら、米国の病院で実施されているエビデンスに基づくCRBSI防止対策は、最適であるとはいえない [361, 362]。米国内の700を超える病院を対象として2005年3月に実施された全国調査では、総数の約4分の1の施設で2002年度版ガイドライン[363]で広く推奨されていた2種類の対策、すなわち中心ライン挿入時における最大滅菌バリアプレコーションの使用と、挿入部位の消毒薬としてクロルヘキシジングルコン酸塩アルコール溶液を使用することが、日常的に講じられていなかったことが示された [364]。米国内の病院のほぼ15%が、エビデンスによって実践すべきではないとされているにもかかわらず、感染防止を目的として日常的にCVCを交換していると報告した [362, 364]。

この報告を受けて、研究者らは調査結果とエビデンスに基づく勧告を診療体系にもっとうまく取り入れるために様々なアプローチを試みた。過去数年間に、医療従事者の教育、審査およびフィードバック、組織改変、クリニカルリマインダー（診療の注意喚起）等様々な方法を利用した質の向上に関する研究が数多く公表された [8-11, 69, 70, 202, 365-367]。教育面での介入では、第一に手指の衛生、カテーテル挿入時の最大滅菌バリアプレコーション実施、適切な挿入部位の選択、クロルヘキシジングルコン酸塩を用いた適切な挿入部位のケア、必要ではなくなったカテーテルの早期抜去を目標とした。介入前後を比較した研究が数多く公表され、そのうちいくつかが対照群を設定していたが [15, 70]、CRBSI防止のための品質改善戦略を評価する無作為化比較試験はまったく報告されていない [368]。介入前後の比較研究の大多数が、質の向上に対する戦略導入後にCRBSI発生率が統計学的に有意に低下したことを報告した [368]。さらに、2つの比較試験でも対照群に比べて介入群において統計学的に有意なCRBSI減少が見られた [15, 70]。

研究者らは、エビデンスに基づいたガイドラインへの遵守度を向上させるために、複数の戦略を「バンドル」としてまとめた多面的なアプローチも導入した [15, 69, 70]。ミシガン州における108のICUを対象としたこの種の共同コホート研究の1つ [69] は、医療従事者が手指の衛生、最大滅菌バリアプレコーション、クロルヘキシジンによるカテーテル挿入部位の消毒、大腿を挿入部位としない、必要でなくなった中心静脈カテーテルの早期抜去という5つのエビデンスに基づく対策を利用しているかどうかを研究目標とした。さらに、医療従事者にCRBSIの防止について教育する他、1) 必要供給品すべてを乗せた中心静脈カテーテルカート、2) 適切な対策を確実に遵守するためのチェックリスト、3) 緊急時以外で、エビデンスに基づいた対策が守られていなかったときの手順停止機構、4) 1日1回の回診時に不必要であると認められた中心カテーテルの早期抜去、5) 臨床チームにCRBSI発生件数および全発生率をフィードバック、6) クロルヘキシジングルコン酸塩製剤または溶液を、研究開始前に在庫のある研究参加病院の最高経営責任者から賛同を得ておく、という6つの介入も利用した。研究者らは、分割時系列分析および多変量解析を用いて、介入開始から約18ヵ月後にCRBSI発生率が66%も統計学的に有意に低下し [69]、この間も持続的に低下していたこと [369] を報告した。各研究実施医療機関は、パフォーマンス向上対策が必要であると同意された領域別に、介入の追跡とフィードバックができるよう、個別のプロセスおよび結果判定法（中心静脈の感染率、「バンドル」要素を全部または一部講じて留置した中心静脈カテーテル数と記録のあるカテーテル数の割合等）を明確化すべきである。

最後に、一旦留置したカテーテルを重点的にケアおよび管理することを、全プログラムにおけるパフォーマンス向上対策および品質保証の焦点とすべきである。ある研究で、実践状況とCVC挿入後ケアに関する医療従事者の知識を評価し、改善余地のあるCVCケアを同定した結果、挿入後ケアを向上する見込みのある領域がいくつかあることが明らかとなった [370]。患者106例におけるCVC151本、計721カテーテル日数に関するデータが記録され、全体でケアの不履行が323件同定された。これは非遵守率44.8%を意味する。この割合には、ICUとICU以外の治療室で有意差が見られた。ドレッシングの緩みとキャップの不適切な装着が、CVCケアにおける主要な過失として同定され、発生数はそれぞれ1,000カテーテル日あたり158件および156件であった。ケアの信頼性を向上させるための介入では、最善の実践法の導入をより簡便にすることに焦点を当てる必要がある。

## 引用文献

1. Mermel LA. Prevention of intravascular catheter-related infections. (Erratum: *Ann Intern Med* 133:395, 2000). *Ann Intern Med* 2000; 132:391–402.
2. Dimick JB, Pelz RK, Consunji R, Swoboda SM, Hendrix CW, Lipsett PA. Increased resource use associated with catheter-related bloodstream infection in the surgical intensive care unit. *Arch Surg* 2001; 136:229–34.
3. Warren DK, Quadir WW, Hollenbeak CS, Elward AM, Cox MJ, Fraser VJ. Attributable cost of catheter-associated bloodstream infections among intensive care patients in a nonteaching hospital. *Crit Care Med* 2006; 34:2084–9.
4. Blot SI, Depuydt P, Annemans L, et al. Clinical and economic outcomes in critically ill patients with nosocomial catheter-related bloodstream infections. *Clin Infect Dis* 2005; 41:1591–8.
5. Renaud B, Brun-Buisson C. Outcomes of primary and catheter-related bacteremia. A cohort and case-control study in critically ill patients. *Am J Respir Crit Care Med* 2001; 163:1584–90.
6. Maki DG, Kluger DM, Crnich CJ. The risk of bloodstream infection in adults with different intravascular devices: a systematic review of 200 published prospective studies. *Mayo Clin Proc* 2006; 81:1159–71.
7. Yoo S, Ha M, Choi D, Pai H. Effectiveness of surveillance of central catheter-related bloodstream infection in an ICU in Korea. *Infect Control Hosp Epidemiol* 2001; 22:433–6.
8. Warren DK, Zack JE, Cox MJ, Cohen MM, Fraser VJ. An educational intervention to prevent catheter-associated bloodstream infections in a non-teaching community medical center. *Crit Care Med* 2003; 31:1959–63.
9. Warren DK, Zack JE, Mayfield JL, et al. The effect of an education program on the incidence of central venous catheter-associated bloodstream infection in a medical ICU. *Chest* 2004; 126:1612–8.
10. Warren DK, Cosgrove SE, Diekema DJ, et al. A multicenter intervention to prevent catheter-associated bloodstream infections. *Infect Control Hosp Epidemiol* 2006; 27:662–9.
11. Higuera F, Rosenthal VD, Duarte P, Ruiz J, Franco G, Safdar N. The effect of process control on the incidence of central venous catheter-associated bloodstream infections and mortality in intensive care units in Mexico. *Crit Care Med* 2005; 33:2022–7.
12. Coopersmith CM, Rebmann TL, Zack JE, et al. Effect of an education program on decreasing catheter-related bloodstream infections in the surgical intensive care unit. *Crit Care Med* 2002; 30:59–64.
13. Coopersmith CM, Zack JE, Ward MR, et al. The impact of bedside behavior on catheter-related bacteremia in the intensive care unit. *Arch Surg* 2004; 139:131–6.
14. Sherertz RJ, Ely EW, Westbrook DM, et al. Education of physicians-in-training can decrease the risk for vascular catheter infection. *Ann Intern Med* 2000; 132:641–8.
15. Eggimann P, Harbarth S, Constantin MN, Touveneau S, Chevrolet JC, Pittet D. Impact of a prevention strategy targeted at vascular-access care on incidence of infections acquired in intensive care. *Lancet* 2000; 355:1864–8.
16. Nehme AE. Nutritional support of the hospitalized patient. The team concept. *JAMA* 1980; 243:1906–8.
17. Soifer NE, Borzak S, Edlin BR, Weinstein RA. Prevention of peripheral venous catheter complications with an intravenous therapy team: a randomized controlled trial. *Arch Intern Med* 1998; 158:473–7.
18. Tomford JW, Hershey CO, McLaren CE, Porter DK, Cohen DI. Intravenous therapy team and peripheral venous catheter-associated complications. A prospective controlled study. *Arch Intern Med* 1984; 144:1191–4.
19. Scalley RD, Van CS, Cochran RS. The impact of an i.v. team on the occurrence of intravenous-related phlebitis. A 30-month study. *J Intraven Nurs* 1992; 15:100–9.
20. Palefski SS, Stoddard GJ. The infusion nurse and patient complication rates of peripheral-short catheters. A prospective evaluation. *J Intraven Nurs* 2001; 24:113–23.
21. Miller JM, Goetz AM, Squier C, Muder RR. Reduction in nosocomial intravenous device-related bacteremias after institution of an intravenous therapy team. *J Intraven Nurs* 1996; 19:103–6.
22. Hunter MR. Development of a Vascular Access Team in an acute care setting. *J Infus Nurs* 2003; 26:86–91.
23. Hawes ML. A proactive approach to combating venous depletion in the hospital setting. *J Infus Nurs* 2007; 30:33–44.
24. Brunelle D. Impact of a dedicated infusion therapy team on the reduction of catheter-related nosocomial infections. *J Infus Nurs* 2003; 26:362–6.
25. Bosma TL, Jewesson PJ. An infusion program resource nurse consult service: our experience in a major Canadian teaching

- hospital. *J Infus Nurs* 2002; 25:310–5.
26. Pierce CA, Baker JJ. A nursing process model: quantifying infusion therapy resource consumption. *J Infus Nurs* 2004; 27:232–44.
  27. Tomford JW, Hershey CO. The i.v. therapy team: impact on patient care and costs of hospitalization. *NITA* 1985; 8:387–9.
  28. Davis D, O'Brien MA, Freemantle N, Wolf FM, Mazmanian P, Taylor-Vaisey A. Impact of formal continuing medical education: do conferences, workshops, rounds, and other traditional continuing education activities change physician behavior or health care outcomes? *JAMA* 1999; 282:867–74.
  29. Alonso-Echanove J, Edwards JR, Richards MJ, et al. Effect of nurse staffing and antimicrobial-impregnated central venous catheters on the risk for bloodstream infections in intensive care units. *Infect Control Hosp Epidemiol* 2003; 24:916–25.
  30. Fridkin SK, Pear SM, Williamson TH, Galgiani JN, Jarvis WR. The role of understaffing in central venous catheter-associated bloodstream infections. *Infect Control Hosp Epidemiol* 1996; 17: 150–8.
  31. Robert J, Fridkin SK, Blumberg HM, et al. The influence of the composition of the nursing staff on primary bloodstream infection rates in a surgical intensive care unit. *Infect Control Hosp Epidemiol* 2000; 21:12–7.
  32. Maki DG, Goldman DA, Rhame FS. Infection control in intravenous therapy. *Ann Intern Med* 1973; 79:867–87.
  33. Band JD, Maki DG. Steel needles used for intravenous therapy. Morbidity in patients with hematologic malignancy. *Arch Intern Med* 1980; 140:31–4.
  34. Tully JL, Friedland GH, Baldini LM, Goldmann DA. Complications of intravenous therapy with steel needles and Teflon catheters. A comparative study. *Am J Med* 1981; 70:702–6.
  35. Ryder MA. Peripheral access options. *Surg Oncol Clin N Am* 1995; 4:395–427.
  36. Maki DG, Ringer M. Risk factors for infusion-related phlebitis with small peripheral venous catheters. A randomized controlled trial. *Ann Intern Med* 1991; 114:845–54.
  37. Mermel LA, McCormick RD, Springman SR, Maki DG. The pathogenesis and epidemiology of catheter-related infection with pulmonary artery Swan-Ganz catheters: a prospective study utilizing molecular subtyping. *Am J Med* 1991; 91:1975–205.
  38. Parienti JJ, Thirion M, Megarbane B, et al. Femoral vs jugular venous catheterization and risk of nosocomial events in adults requiring acute renal replacement therapy: a randomized controlled trial. *JAMA* 2008; 299:2413–22.
  39. Moretti EW, Ofstead CL, Kristy RM, Wetzler HP. Impact of central venous catheter type and methods on catheter-related colonization and bacteraemia. *J Hosp Infect* 2005; 61:139–45.
  40. Nagashima G, Kikuchi T, Tsuyuzaki H, et al. To reduce catheter-related bloodstream infections: is the subclavian route better than the jugular route for central venous catheterization? *J Infect Chemother* 2006; 12:363–5.
  41. Ruesch S, Walder B, Tramer MR. Complications of central venous catheters: internal jugular versus subclavian access—a systematic review. *Crit Care Med* 2002; 30:454–60.
  42. Sadoyama G, Gontijo Filho PP. Comparison between the jugular and subclavian vein as insertion site for central venous catheters: microbiological aspects and risk factors for colonization and infection. *Braz J Infect Dis* 2003; 7:142–8.
  43. Heard SO, Wagle M, Vijayakumar E, et al. Influence of triple-lumen central venous catheters coated with chlorhexidine and silver sulfadiazine on the incidence of catheter-related bacteremia. *Arch Intern Med* 1998; 158:81–7.
  44. Richet H, Hubert B, Nitemberg G, et al. Prospective multicenter study of vascular-catheter-related complications and risk factors for positive central-catheter cultures in intensive care unit patients. *J Clin Microbiol* 1990; 28:2520–5.
  45. Safdar N, Kluger DM, Maki DG. A review of risk factors for catheter-related bloodstream infection caused by percutaneously inserted, noncuffed central venous catheters: implications for preventive strategies. *Medicine (Baltimore)* 2002; 81:466–79.
  46. Lorente L, Jimenez A, Iribarren JL, Jimenez JJ, Martin MM, Mora ML. The micro-organism responsible for central venous catheter related bloodstream infection depends on catheter site. *Intensive Care Med* 2006; 32:1449–50.
  47. Traore O, Liotier J, Souweine B. Prospective study of arterial and central venous catheter colonization and of arterial-and central venous catheter-related bacteremia in intensive care units. *Crit Care Med* 2005; 33:1276–80.
  48. Joynt GM, Kew J, Gomersall CD, Leung VY, Liu EK. Deep venous thrombosis caused by femoral venous catheters in critically ill adult patients. *Chest* 2000; 117:178–83.
  49. Mian NZ, Bayly R, Schreck DM, Besserman EB, Richmand D. Incidence of deep venous thrombosis associated with femoral venous catheterization. *Acad Emerg Med* 1997; 4:1118–21.
  50. Merrer J, De Jonghe B, Golliot F, et al. Complications of femoral and subclavian venous catheterization in critically ill patients: a randomized controlled trial. *JAMA* 2001; 286:700–7.
  51. Goetz AM, Wagener MM, Miller JM, Muder RR. Risk of infection due to central venous catheters: effect of site of placement and catheter type. *Infect Control Hosp Epidemiol* 1998; 19:842–5.

52. Robinson JF, Robinson WA, Cohn A, Garg K, Armstrong JD, 2nd. Perforation of the great vessels during central venous line placement. *Arch Intern Med* 1995; 155:1225–8.
53. Trottier SJ, Veremakis C, O'Brien J, Auer AI. Femoral deep vein thrombosis associated with central venous catheterization: results from a prospective, randomized trial. *Crit Care Med* 1995; 23:52–9.
54. Lorente L, Henry C, Martin MM, Jimenez A, Mora ML. Central venous catheter-related infection in a prospective and observational study of 2,595 catheters. *Crit Care* 2005; 9:R631–5.
55. Schillinger F, Schillinger D, Montagnac R, Milcent T. Post catheterisation vein stenosis in haemodialysis: comparative angiographic study of 50 subclavian and 50 internal jugular accesses. *Nephrol Dial Transplant* 1991; 6:722–4.
56. Cimochoowski GE, Worley E, Rutherford WE, Sartain J, Blondin J, Harter H. Superiority of the internal jugular over the subclavian access for temporary dialysis. *Nephron* 1990; 54:154–61.
57. Barrett N, Spencer S, Mclvor J, Brown EA. Subclavian stenosis: a major complication of subclavian dialysis catheters. *Nephrol Dial Transplant* 1988; 3:423–5.
58. Trerotola SO, Kuhn-Fulton J, Johnson MS, Shah H, Ambrosius WT, Kneebone PH. Tunneled infusion catheters: increased incidence of symptomatic venous thrombosis after subclavian versus internal jugular venous access. *Radiology* 2000; 217:89–93.
59. National Kidney Foundation. III. NKF-K/DOQI Clinical Practice Guidelines for Vascular Access: update 2000. *Am J Kidney Dis* 2001; 37:5137–81.
60. Hind D, Calvert N, McWilliams R, et al. Ultrasonic locating devices for central venous cannulation: meta-analysis. *BMJ* 2003; 327:361.
61. Randolph AG, Cook DJ, Gonzales CA, Pribble CG. Ultrasound guidance for placement of central venous catheters: a meta-analysis of the literature. *Crit Care Med* 1996; 24:2053–8.
62. Froehlich CD, Rigby MR, Rosenberg ES, et al. Ultrasound-guided central venous catheter placement decreases complications and decreases placement attempts compared with the landmark technique in patients in a pediatric intensive care unit. *Crit Care Med* 2009; 37:1090–6.
63. Lamperti M, Caldiroli D, Cortellazzi P, et al. Safety and efficacy of ultrasound assistance during internal jugular vein cannulation in neurosurgical infants. *Intensive Care Med* 2008; 34:2100–5.
64. Schweickert WD, Herlitz J, Pohlman AS, Gehlbach BK, Hall JB, Kress JP. A randomized, controlled trial evaluating postinsertion neck ultrasound in peripherally inserted central catheter procedures. *Crit Care Med* 2009; 37:1217–21.
65. Clark-Christoff N, Watters VA, Sparks W, Snyder P, Grant JP. Use of triple-lumen subclavian catheters for administration of total parenteral nutrition. *JPEN J Parenter Enteral Nutr* 1992; 16:403–7.
66. Early TF, Gregory RT, Wheeler JR, Snyder SO Jr., Gayle RG. Increased infection rate in double-lumen versus single-lumen Hickman catheters in cancer patients. *South Med J* 1990; 83:34–6.
67. Hilton E, Haslett TM, Borenstein MT, Tucci V, Isenberg HD, Singer C. Central catheter infections: single-versus triple-lumen catheters. Influence of guide wires on infection rates when used for replacement of catheters. *Am J Med* 1988; 84:667–72.
68. Yeung C, May J, Hughes R. Infection rate for single lumen v triple lumen subclavian catheters. *Infect Control Hosp Epidemiol* 1988; 9:154–8.
69. Pronovost P, Needham D, Berenholtz S, et al. An intervention to decrease catheter-related bloodstream infections in the ICU. *N Engl J Med* 2006; 355:2725–32.
70. Berenholtz SM, Pronovost PJ, Lipsett PA, et al. Eliminating catheter-related bloodstream infections in the intensive care unit. *Crit Care Med* 2004; 32:2014–20.
71. Lederle FA, Parenti CM, Berskow LC, Ellingson KJ. The idle intravenous catheter. *Ann Intern Med* 1992; 116:737–8.
72. Parenti CM, Lederle FA, Impola CL, Peterson LR. Reduction of unnecessary intravenous catheter use. Internal medicine house staff participate in a successful quality improvement project. *Arch Intern Med* 1994; 154:1829–32.
73. Abi-Said D, Raad I, Umphrey J, et al. Infusion therapy team and dressing changes of central venous catheters. *Infect Control Hosp Epidemiol* 1999; 20:101–5.
74. Capdevila JA, Segarra A, Pahissa A. Catheter-related bacteremia in patients undergoing hemodialysis. *Ann Intern Med* 1998; 1. 128:600.
75. Mermel LA, Maki DG. Infectious complications of Swan-Ganz pulmonary artery catheters. Pathogenesis, epidemiology, prevention, and management. *Am J Respir Crit Care Med* 1994; 149:1020–36.
76. Raad II, Hohn DC, Gilbreath BJ, et al. Prevention of central venous catheter-related infections by using maximal sterile barrier precautions during insertion. *Infect Control Hosp Epidemiol* 1994; 15:231–8.
77. Boyce JM, Pittet D. Guideline for hand hygiene in health-care settings: recommendations of the Healthcare Infection Control Practices Advisory Committee and the HICPAC/SHEA/APIC/IDSA Hand Hygiene Task Force. *Infect Control Hosp Epidemiol*

2002; 23:53–40.

78. Bischoff WE, Reynolds TM, Sessler CN, Edmond MB, Wenzel RP. Handwashing compliance by health care workers: the impact of introducing an accessible, alcohol-based hand antiseptic. *Arch Intern Med* 2000; 160:1017–21.
79. Pittet D, Dharan S, Touveneau S, Sauvan V, Perneger TV. Bacterial contamination of the hands of hospital staff during routine patient care. *Arch Intern Med* 1999; 159:821–6.
80. Carrer S, Bocchi A, Bortolotti M, et al. Effect of different sterile barrier precautions and central venous catheter dressing on the skin colonization around the insertion site. *Minerva Anesthesiol* 2005; 71:197–206.
81. Cohen Y, Fosse JP, Karoubi P, et al. The “hands-off” catheter and the prevention of systemic infections associated with pulmonary artery catheter: a prospective study. *Am J Respir Crit Care Med* 1998; 157:284–7.
82. Maki DG, Ringer M, Alvarado CJ. Prospective randomised trial of povidone-iodine, alcohol, and chlorhexidine for prevention of infection associated with central venous and arterial catheters. *Lancet* 1991; 338:339–43.
83. Mimoz O, Pieroni L, Lawrence C, et al. 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* 1996; 24:1818–23.
84. Maki DG, Stolz SS, Wheeler S, Mermel LA. A prospective, randomized trial of gauze and two polyurethane dressings for site care of pulmonary artery catheters: implications for catheter management. *Crit Care Med* 1994; 22:1729–37.
85. Bijma R, Girbes AR, Kleijer DJ, Zwaveling JH. Preventing central venous catheter-related infection in a surgical intensive-care unit. *Infect Control Hosp Epidemiol* 1999; 20:618–20.
86. Madeo M, Martin CR, Turner C, Kirkby V, Thompson DR. A randomized trial comparing Arglaes (a transparent dressing containing silver ions) to Tegaderm (a transparent polyurethane dressing) for dressing peripheral arterial catheters and central vascular catheters. *Intensive Crit Care Nurs* 1998; 14:187–91.
87. Rasero L, Degl’Innocenti M, Mocali M, et al. Comparison of two different time interval protocols for central venous catheter dressing in bone marrow transplant patients: results of a randomized, multicenter study. The Italian Nurse Bone Marrow Transplant Group (GITMO). *Haematologica* 2000; 85:275–9.
88. Zakrzewska-Bode A, Muijtens HL, Liem KD, Hoogkamp-Korstanje JA. Mupirocin resistance in coagulase-negative staphylococci, after topical prophylaxis for the reduction of colonization of central venous catheters. *J Hosp Infect* 1995; 31:189–93.
89. Flowers RH, Schwenzer KJ, Kopel RF, Fisch MJ, Tucker SI, Farr BM. Efficacy of an attachable subcutaneous cuff for the prevention of intravascular catheter-related infection. A randomized, controlled trial. *JAMA* 1989; 261:878–83.
90. Robbins J, Cromwell P, Korones DN. Swimming and central venous catheter-related infections in the child with cancer. *J Pediatr Oncol Nurs* 1999; 16:51–6.
91. Howell PB, Walters PE, Donowitz GR, Farr BM. Risk factors for infection of adult patients with cancer who have tunneled central venous catheters. *Cancer* 1995; 75:1367–75.
92. Ivy DD, Calderbank M, Wagner BD, et al. Closed-hub systems with protected connections and the reduction of risk of catheter-related bloodstream infection in pediatric patients receiving intravenous prostanoid therapy for pulmonary hypertension. *Infect Control Hosp Epidemiol* 2009; 30:823–9.
93. Timsit JF, Schwebel C, Bouadma L, et al. Chlorhexidine-impregnated sponges and less frequent dressing changes for prevention of catheter-related infections in critically ill adults: a randomized controlled trial. *JAMA* 2009; 301:1231–41.
94. Rao SP, Oreopoulos DG. Unusual complications of a polyurethane PD catheter. *Perit Dial Int* 1997; 17:410–2.
95. Riu S, Ruiz CG, Martinez-Vea A, Peralta C, Oliver JA. Spontaneous rupture of polyurethane peritoneal catheter. A possible deleterious effect of mupirocin ointment. *Nephrol Dial Transplant* 1998; 13:1870–1.
96. Garland JS, Alex CP, Mueller CD, et al. A randomized trial comparing povidone-iodine to a chlorhexidine gluconate-impregnated dressing for prevention of central venous catheter infections in neonates. *Pediatrics* 2001; 107:1431–6.
97. Ho KM, Litton E. Use of chlorhexidine-impregnated dressing to prevent vascular and epidural catheter colonization and infection: a meta-analysis. *J Antimicrob Chemother* 2006; 58:281–7.
98. Levy I, Katz J, Solter E, et al. Chlorhexidine-impregnated dressing for prevention of colonization of central venous catheters in infants and children: a randomized controlled study. *Pediatr Infect Dis J* 2005; 24:676–9.
99. Lorenzen AN, Itkin DJ. Surveillance of infection in home care. *Am J Infect Control* 1992; 20:326–9.
100. White MC. Infections and infection risks in home care settings. *Infect Control Hosp Epidemiol* 1992; 13:535–9.
101. White MC, Ragland KE. Surveillance of intravenous catheter-related infections among home care clients. *Am J Infect Control* 1994; 22:231–5.
102. Bleasdale SC, Trick WE, Gonzalez IM, Lyles RD, Hayden MK, Weinstein RA. Effectiveness of chlorhexidine bathing to reduce catheter-associated bloodstream infections in medical intensive care unit patients. *Arch Intern Med* 2007; 167:2073–9.
103. Munoz-Price LS, Hota B, Stemer A, Weinstein RA. Prevention of bloodstream infections by use of daily chlorhexidine baths

- for patients at a long-term acute care hospital. *Infect Control Hosp Epidemiol* 2009; 30:1031–5.
104. Popovich KJ, Hota B, Hayes R, Weinstein RA, Hayden MK. Effectiveness of routine patient cleansing with chlorhexidine gluconate for infection prevention in the medical intensive care unit. *Infect Control Hosp Epidemiol* 2009; 30:959–63.
  105. Yamamoto AJ, Solomon JA, Soulen MC, et al. Sutureless securement device reduces complications of peripherally inserted central venous catheters. *J Vasc Interv Radiol* 2002; 13:77–81.
  106. Brun-Buisson C, Doyon F, Sollet JP, Cochard JF, Cohen Y, Nitenberg G. Prevention of intravascular catheter-related infection with newer chlorhexidine-silver sulfadiazine-coated catheters: a randomized controlled trial. *Intensive Care Med* 2004; 30:837–43.
  107. Ostendorf T, Meinhold A, Harter C, et al. Chlorhexidine and silver-sulfadiazine coated central venous catheters in haematological patients—a double-blind, randomised, prospective, controlled trial. *Support Care Cancer* 2005; 13:993–1000.
  108. Rupp ME, Lisco SJ, Lipsett PA, et al. Effect of a second-generation venous catheter impregnated with chlorhexidine and silver sulfadiazine on central catheter-related infections: a randomized, controlled trial. *Ann Intern Med* 2005; 143:570–80.
  109. Darouiche RO, Raad II, Heard SO, et al. A comparison of two antimicrobial-impregnated central venous catheters. Catheter Study Group. *N Engl J Med* 1999; 340:1–8.
  110. Raad I, Darouiche R, Dupuis J, et al. 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* 1997; 127:267–74.
  111. Hanna H, Benjamin R, Chatzinikolaou I, et al. Long-term silicone central venous catheters impregnated with minocycline and rifampin decrease rates of catheter-related bloodstream infection in cancer patients: a prospective randomized clinical trial. *J Clin Oncol* 2004; 22:3163–71.
  112. Bhutta A, Gilliam C, Honeycutt M, et al. Reduction of bloodstream infections associated with catheters in paediatric intensive care unit: stepwise approach. *BMJ* 2007; 334:362–5.
  113. Chelliah A, Heydon KH, Zaoutis TE, et al. Observational trial of antibiotic-coated central venous catheters in critically ill pediatric patients. *Pediatr Infect Dis J* 2007; 26:816–20.
  114. van de Wetering MD, van Woensel JBM. Prophylactic antibiotics for preventing early central venous catheter Gram positive infections in oncology patients. *Cochrane Database of Systematic Reviews* 2007; Issue 1. Art. No.: CD003295. DOI: 10.1002/14651858.CD003295.pub2.
  115. Maki DG, Band JD. A comparative study of polyantibiotic and iodophor ointments in prevention of vascular catheter-related infection. *Am J Med* 1981; 70:739–44.
  116. Fukunaga A, Naritaka H, Fukaya R, Tabuse M, Nakamura T. Povidone-iodine ointment and gauze dressings associated with reduced catheter-related infection in seriously ill neurosurgical patients. *Infect Control Hosp Epidemiol* 2004; 25:696–8.
  117. Johnson DW, MacGinley R, Kay TD, et al. A randomized controlled trial of topical exit site mupirocin application in patients with tunnelled, cuffed haemodialysis catheters. *Nephrol Dial Transplant* 2002; 17:1802–7.
  118. Fong IW. Prevention of haemodialysis and peritoneal dialysis catheter related infection by topical povidone-iodine. *Postgrad Med J* 1993; 69(Suppl 3):S15–7.
  119. Levin A, Mason AJ, Jindal KK, Fong IW, Goldstein MB. Prevention of hemodialysis subclavian vein catheter infections by topical povidone-iodine. *Kidney Int* 1991; 40:934–8.
  120. Schwartz C, Henrickson KJ, Roghmann K, Powell K. Prevention of bacteremia attributed to luminal colonization of tunneled central venous catheters with vancomycin-susceptible organisms. *J Clin Oncol* 1990; 8:1591–7.
  121. Rackoff WR, Weiman M, Jakobowski D, et al. A randomized, controlled trial of the efficacy of a heparin and vancomycin solution in preventing central venous catheter infections in children. *J Pediatr* 1995; 127:147–51.
  122. Carratala J, Niubo J, Fernandez-Sevilla A, et al. 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* 1999; 43:2200–4.
  123. Jurewitsch B, Lee T, Park J, Jeejeebhoy K. Taurolidine 2% as an antimicrobial lock solution for prevention of recurrent catheter-related bloodstream infections. *J Parenter Enteral Nutr* 1998; 22:242–4.
  124. Henrickson KJ, Axtell RA, Hoover SM, et al. 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* 2000; 18:1269–78.
  125. Garland JS, Alex CP, Henrickson KJ, McAuliffe TL, Maki DG. A vancomycin-heparin lock solution for prevention of nosocomial bloodstream infection in critically ill neonates with peripherally inserted central venous catheters: a prospective, randomized trial. *Pediatrics* 2005; 116:e198–205.
  126. Daghistani D, Horn M, Rodriguez Z, Schoenike S, Toledano S. Prevention of indwelling central venous catheter sepsis. *Med*

- Pediatr Oncol* 1996; 26:405–8.
127. Barriga FJ, Varas M, Potin M, et al. Efficacy of a vancomycin solution to prevent bacteremia associated with an indwelling central venous catheter in neutropenic and non-neutropenic cancer patients. *Med Pediatr Oncol* 1997; 28:196–200.
  128. Dogra GK, Herson H, Hutchison B, et al. Prevention of tunneled hemodialysis catheter-related infections using catheter-restricted filling with gentamicin and citrate: a randomized controlled study. *J Am Soc Nephrol* 2002; 13:2133–9.
  129. Allon M. Prophylaxis against dialysis catheter-related bacteremia with a novel antimicrobial lock solution. *Clin Infect Dis* 2003; 36:1539–44.
  130. Elhassan NO, Stevens TP, Gigliotti F, Hardy DJ, Cole CA, Sinkin RA. Vancomycin usage in central venous catheters in a neonatal intensive care unit. *Pediatr Infect Dis J* 2004; 23:201–6.
  131. McIntyre CW, Hulme LJ, Taal M, Fluck RJ. Locking of tunneled hemodialysis catheters with gentamicin and heparin. *Kidney Int* 2004; 66:801–5.
  132. Betjes MG, van Agteren M. Prevention of dialysis catheter-related sepsis with a citrate-taurolidine-containing lock solution. *Nephrol Dial Transplant* 2004; 19:1546–1.
  133. Weijmer MC, van den Dorpel MA, Van de Ven PJ, et al. Randomized, clinical trial comparison of trisodium citrate 30% and heparin as catheter-locking solution in hemodialysis patients. *J Am Soc Nephrol* 2005; 16:2769–77.
  134. Bleyer AJ, Mason L, Russell G, Raad II, Sherertz RJ. A randomized, controlled trial of a new vascular catheter flush solution (minocycline-EDTA) in temporary hemodialysis access. *Infect Control Hosp Epidemiol* 2005; 26:520–4.
  135. Kim SH, Song KI, Chang JW, et al. Prevention of uncuffed hemodialysis catheter-related bacteremia using an antibiotic lock technique: a prospective, randomized clinical trial. *Kidney Int* 2006; 69:161–4.
  136. Al-Hwiesh AK, Abdul-Rahman IS. Successful prevention of tunneled, central catheter infection by antibiotic lock therapy using vancomycin and gentamycin. *Saudi J Kidney Dis Transpl* 2007; 18:239–47.
  137. Nori US, Manoharan A, Yee J, Besarab A. Comparison of low-dose gentamicin with minocycline as catheter lock solutions in the prevention of catheter-related bacteremia. *Am J Kidney Dis* 2006; 48:596–605.
  138. Saxena AK, Panhotra BR, Sundaram DS, et al. Tunneled catheters' outcome optimization among diabetics on dialysis through antibiotic-lock placement. *Kidney Int* 2006; 70:1629–35.
  139. Randolph AG, Cook DJ, Gonzales CA, Andrew M. Benefit of heparin in central venous and pulmonary artery catheters: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Chest* 1998; 113:165–71.
  140. Tager IB, Ginsberg MB, Ellis SE, et al. An epidemiologic study of the risks associated with peripheral intravenous catheters. *Am J Epidemiol* 1983; 118:839–51.
  141. Lai KK. Safety of prolonging peripheral cannula and i.v. tubing use from 72 hours to 96 hours. *Am J Infect Control* 1998; 26:66–70.
  142. Van Donk P, Rickard CM, McGrail MR, Doolan G. Routine replacement versus clinical monitoring of peripheral intravenous catheters in a regional hospital in the home program: a randomized controlled trial. *Infect Control Hosp Epidemiol* 2009; 30:915–7.
  143. Webster J, Clarke S, Paterson D, et al. Routine care of peripheral intravenous catheters versus clinically indicated replacement: randomised controlled trial. *BMJ* 2008; 337:a339.
  144. Webster J, Osborne S, Rickard C, Hall J. Clinically-indicated replacement versus routine replacement of peripheral venous catheters. *Cochrane Database Syst Rev* 2010; 3:CD007798.
  145. Boo NY, Wong NC, Zulkifli SS, Lye MS. Risk factors associated with umbilical vascular catheter-associated thrombosis in newborn infants. *J Paediatr Child Health* 1999; 35:460–5.
  146. Garland JS, Buck RK, Maloney P, et al. 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* 1995; 14:510–6.
  147. Krauss AN, Albert RF, Kannan MM. Contamination of umbilical catheters in the newborn infant. *J Pediatr* 1970; 77:965–9.
  148. Landers S, Moise AA, Fraley JK, Smith EO, Baker CJ. Factors associated with umbilical catheter-related sepsis in neonates. *Am J Dis Child* 1991; 145:675–80.
  149. Cronin WA, Germanson TP, Donowitz LG. Intravascular catheter colonization and related bloodstream infection in critically ill neonates. *Infect Control Hosp Epidemiol* 1990; 11:301–8.
  150. Miller KL, Coen PE, White WJ, Hurst WJ, Achey BE, Lang CM. Effectiveness of skin absorption of tincture of I in blocking radioiodine from the human thyroid gland. *Health Phys* 1989; 56:911–4.
  151. Ankola PA, Atakent YS. Effect of adding heparin in very low concentration to the infusate to prolong the patency of umbilical artery catheters. *Am J Perinatol* 1993; 10:229–32.
  152. David RJ, Merten DF, Anderson JC, Gross S. Prevention of umbilical artery catheter clots with heparinized infusates. *Dev Pharmacol Ther* 1981; 2:117–26.

153. Horgan MJ, Bartoletti A, Polansky S, Peters JC, Manning TJ, Lamont BM. Effect of heparin infusates in umbilical arterial catheters on frequency of thrombotic complications. *J Pediatr* 1987; 111:774–8.
154. Fletcher MA, Brown DR, Landers S, Seguin J. Umbilical arterial catheter use: report of an audit conducted by the Study Group for Complications of Perinatal Care. *Am J Perinatol* 1994; 11:94–9.
155. Seguin J, Fletcher MA, Landers S, Brown D, Macpherson T. Umbilical venous catheterizations: audit by the Study Group for Complications of Perinatal Care. *Am J Perinatol* 1994; 11:67–70.
156. Loisel DB, Smith MM, MacDonald MG, Martin GR. Intravenous access in newborn infants: impact of extended umbilical venous catheter use on requirement for peripheral venous lines. *J Perinatol* 1996; 16:461–6.
157. Martin C, Saux P, Papazian L, Gouin F. Long-term arterial cannulation in ICU patients using the radial artery or dorsalis pedis artery. *Chest* 2001; 119:901–6.
158. Koh DB, Gowardman JR, Rickard CM, Robertson IK, Brown A. Prospective study of peripheral arterial catheter infection and comparison with concurrently sited central venous catheters. *Crit Care Med* 2008; 36:397–402.
159. Rijnders BJ, Van Wijngaerden E, Wilmer A, Peetermans WE. Use of full sterile barrier precautions during insertion of arterial catheters: a randomized trial. *Clin Infect Dis* 2003; 36:743–8.
160. Donowitz LG, Marsik FJ, Hoyt JW, Wenzel RP. *Serratia marcescens* bacteremia from contaminated pressure transducers. *JAMA* 1979; 242:1749–51.
161. Luskin RL, Weinstein RA, Nathan C, Chamberlin WH, Kabins SA. Extended use of disposable pressure transducers. A bacteriologic evaluation. *JAMA* 1986; 255:916–20.
162. Maki DG, Hassemer CA. Endemic rate of fluid contamination and related septicemia in arterial pressure monitoring. *Am J Med* 1981; 70:733–8.
163. Mermel LA, Maki DG. Epidemic bloodstream infections from hemodynamic pressure monitoring: signs of the times. *Infect Control Hosp Epidemiol* 1989; 10:47–53.
164. Tenold R, Priano L, Kim K, Rourke B, Marrone T. Infection potential of nondisposable pressure transducers prepared prior to use. *Crit Care Med* 1987; 15:582–3.
165. Eyer S, Brummitt C, Crossley K, Siegel R, Cerra F. Catheter-related sepsis: prospective, randomized study of three methods of long-term catheter maintenance. *Crit Care Med* 1990; 18:1073–9.
166. Raad I, Umphrey J, Khan A, Truett LJ, Bodey GP. The duration of placement as a predictor of peripheral and pulmonary arterial catheter infections. *J Hosp Infect* 1993; 23:17–26.
167. Thomas F, Burke JP, Parker J, et al. The risk of infection related to radial vs femoral sites for arterial catheterization. *Crit Care Med* 1983; 11:807–12.
168. Leroy O, Billiau V, Beuscart C, et al. Nosocomial infections associated with long-term radial artery cannulation. *Intensive Care Med* 1989; 15:241–6.
169. Fisher MC, Long SS, Roberts EM, Dunn JM, Balsara RK. *Pseudomonas maltophilia* bacteremia in children undergoing open heart surgery. *JAMA* 1981; 246:1571–4.
170. Stamm WE, Colella JJ, Anderson RL, Dixon RE. Indwelling arterial catheters as a source of nosocomial bacteremia. An outbreak caused by *Flavobacterium* species. *N Engl J Med* 1975; 292:1099–102.
171. Weinstein RA, Emori TG, Anderson RL, Stamm WE. Pressure transducers as a source of bacteremia after open heart surgery. Report of an outbreak and guidelines for prevention. *Chest* 1976; 69:338–44.
172. Shinozaki T, Deane RS, Mazuzan JE Jr., Hamel AJ, Hazelton D. Bacterial contamination of arterial lines. A prospective study. *JAMA* 1983; 249:223–5.
173. Solomon SL, Alexander H, Eley JW, et al. Nosocomial fungemia in neonates associated with intravascular pressure-monitoring devices. *Pediatr Infect Dis* 1986; 5:680–5.
174. Weems JJ Jr., Chamberland ME, Ward J, Willy M, Padhye AA, Solomon SL. *Candida parapsilosis* fungemia associated with parenteral nutrition and contaminated blood pressure transducers. *J Clin Microbiol* 1987; 25:1029–32.
175. Villarino ME, Jarvis WR, O'Hara C, Bresnahan J, Clark N. Epidemic of *Serratia marcescens* bacteremia in a cardiac intensive care unit. *J Clin Microbiol* 1989; 27:2433–6.
176. Beck-Sague CM, Jarvis WR, Brook JH, et al. Epidemic bacteremia due to *Acinetobacter baumannii* in five intensive care units. *Am J Epidemiol* 1990; 132:723–33.
177. Gillies D, Wallen MM, Morrison AL, Rankin K, Nagy SA, O'Riordan E. Optimal timing for intravenous administration set replacement. *Cochrane Database of Systematic Reviews* 2005; Issue 4. Art. No.: CD003588. DOI: 10.1002/14651858.CD003588.pub2.
178. Sitges-Serra A, Linares J, Perez JL, Jaurrieta E, Lorente L. A randomized trial on the effect of tubing changes on hub contami-

- nation 3. and catheter sepsis during parenteral nutrition. *JPEN J Parenter Enteral Nutr* 1985; 9:322–5.
179. Snyderman DR, Donnelly-Reidy M, Perry LK, Martin WJ. Intravenous tubing containing burettes can be safely changed at 72 hour intervals. *Infect Control* 1987; 8:113–6.
  180. Maki DG, Botticelli JT, LeRoy ML, Thielke TS. Prospective study of replacing administration sets for intravenous therapy at 48- vs 72hour intervals. 72 hours is safe and cost-effective. *JAMA* 1987; 258:1777–81.
  181. Josephson A, Gombert ME, Sierra MF, Karanfil LV, Tansino GF. The relationship between intravenous fluid contamination and the frequency of tubing replacement. *Infect Control* 1985; 6:367–70.
  182. Melly MA, Meng HC, Schaffner W. Microbiol growth in lipid emulsions used in parenteral nutrition. *Arch Surg* 1975; 110:1479–81.
  183. Mershon J, Nogami W, Williams JM, Yoder C, Eitzen HE, Lemons JA. Bacterial/fungal growth in a combined parenteral nutrition solution. *JPEN J Parenter Enteral Nutr* 1986; 10:498–502.
  184. Gilbert M, Gallagher SC, Eads M, Elmore MF. Microbial growth patterns in a total parenteral nutrition formulation containing lipid emulsion. *JPEN J Parenter Enteral Nutr* 1986; 10:494–7.
  185. Maki DG, Martin WT. Nationwide epidemic of septicemia caused by contaminated infusion products. IV. Growth of microbial pathogens in fluids for intravenous infusions. *J Infect Dis* 1975; 131:267–72.
  186. Bennett SN, McNeil MM, Bland LA, et al. Postoperative infections traced to contamination of an intravenous anesthetic, propofol. *N Engl J Med* 1995; 333:147–54.
  187. Arduino MJ, Bland LA, Danzig LE, McAllister SK, Aguero SM. Microbiologic evaluation of needleless and needle-access devices. *Am J Infect Control* 1997; 25:377–80.
  188. Brown JD, Moss HA, Elliott TS. The potential for catheter microbial contamination from a needleless connector. *J Hosp Infect* 1997; 36:181–9.
  189. Cookson ST, Ihrig M, O'Mara EM, et al. Increased bloodstream infection rates in surgical patients associated with variation from recommended use and care following implementation of a needleless device. *Infect Control Hosp Epidemiol* 1998; 19:23–7.
  190. Seymour VM, Dhallu TS, Moss HA, Tebbs SE, Elliot TS. A prospective clinical study to investigate the microbial contamination of a needle-less connector. *J Hosp Infect* 2000; 45:165–8.
  191. Luebke MA, Arduino MJ, Duda DL, et al. Comparison of the microbial barrier properties of a needleless and a conventional needle-based intravenous access system. *Am J Infect Control* 1998; 26:437–41.
  192. McDonald LC, Banerjee SN, Jarvis WR. Line-associated bloodstream infections in pediatric intensive-care-unit patients associated with a needleless device and intermittent intravenous therapy. *Infect Control Hosp Epidemiol* 1998; 19:772–7.
  193. Mendelson MH, Short LJ, Schechter CB, et al. Study of a needleless intermittent intravenous-access system for peripheral infusions: analysis of staff, patient, and institutional outcomes. *Infect Control Hosp Epidemiol* 1998; 19:401–6.
  194. Do AN, Ray BJ, Banerjee SN, et al. Bloodstream infection associated with needleless device use and the importance of infection-control practices in the home health care setting. *J Infect Dis* 1999; 179:442–8.
  195. Soothill JS, Bravery K, Ho A, Macqueen S, Collins J, Lock P. A fall in bloodstream infections followed a change to 2% chlorhexidine in 70% isopropanol for catheter connection antisepsis: a pediatric single center before/after study on a hemopoietic stem cell transplant ward. *Am J Infect Control* 2009; 37:626–30.
  196. Casey AL, Burnell S, Whinn H, Worthington T, Faroqui MH, Elliott TS. A prospective clinical trial to evaluate the microbial barrier of a needleless connector. *J Hosp Infect* 2007; 65:212–8.
  197. Rupp ME, Sholtz LA, Jourdan DR, et al. Outbreak of bloodstream infection temporally associated with the use of an intravascular needleless valve. *Clin Infect Dis* 2007; 44:1408–14.
  198. Salgado CD, Chinnes L, Paczesny TH, Cantey JR. Increased rate of catheter-related bloodstream infection associated with use of a needleless mechanical valve device at a long-term acute care hospital. *Infect Control Hosp Epidemiol* 2007; 28:684–8.
  199. Maragakis LL, Bradley KL, Song X, et al. Increased catheter-related bloodstream infection rates after the introduction of a new mechanical valve intravenous access port. *Infect Control Hosp Epidemiol* 2006; 27:67–70.
  200. Field K, McFarlane C, Cheng AC, et al. Incidence of catheter-related bloodstream infection among patients with a needleless, mechanical valve-based intravenous connector in an Australian hematology-oncology unit. *Infect Control Hosp Epidemiol* 2007; 28:610–3.
  201. Costello JM, Morrow DF, Graham DA, Potter-Bynoe G, Sandora TJ, Laussen PC. Systematic intervention to reduce central line-associated bloodstream infection rates in a pediatric cardiac intensive care unit. *Pediatrics* 2008; 121:915–23.
  202. Frankel HL, Crede WB, Topal JE, Roumanis SA, Devlin MW, Foley AB. Use of corporate Six Sigma performance-improvement strategies to reduce incidence of catheter-related bloodstream infections in a surgical ICU. *J Am Coll Surg* 2005; 201:349–58.

203. Galpern D, Guerrero A, Tu A, Fahoum B, Wise L. Effectiveness of a central line bundle campaign on line-associated infections in the intensive care unit. *Surgery* 2008; 144:492–5; discussion 495.
204. McKee C, Berkowitz I, Cosgrove SE, et al. Reduction of catheter-associated bloodstream infections in pediatric patients: experimentation and reality. *Pediatr Crit Care Med* 2008; 9:40–6.
205. Pronovost PJ, Berenholtz SM, Goeschel CA. Improving the quality of measurement and evaluation in quality improvement efforts. *Am J Med Qual* 2008; 23:143–6.
206. Horan TC, Andrus M, Dudeck MA. CDC/NHSN surveillance definition of health care-associated infection and criteria for specific types of infections in the acute care setting. *Am J Infect Control* 2008; 36:309–32.
207. Edwards JR, Peterson KD, Mu Y, et al. National Healthcare Safety Network (NHSN) report: data summary for 2006 through 2008, issued December 2009. *Am J Infect Control* 2009; 37:783–805.
208. Wisplingerhoff H, Bischoff T, Tallent SM, Seifert H, Wenzel RP, Edmond MB. Nosocomial bloodstream infections in US hospitals: analysis of 24,179 cases from a prospective nationwide surveillance study. *Clin Infect Dis* 2004; 39:309–17.
209. Gaynes R, Edwards JR. Overview of nosocomial infections caused by gram-negative bacilli. *Clin Infect Dis* 2005; 41:848–54.
210. Burton DC, Edwards JR, Horan TC, Jernigan JA, Fridkin SK. Methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* central line-associated bloodstream infections in US intensive care units, 1997–2007. *JAMA* 2009; 301:727–36.
211. Safdar N, Maki DG. The pathogenesis of catheter-related bloodstream infection with noncuffed short-term central venous catheters. *Intensive Care Med* 2004; 30:62–7.
212. Maki DG, Weise CE, Sarafin HW. A semiquantitative culture method for identifying intravenous-catheter-related infection. *N Engl J Med* 1977; 296:1305–9.
213. Raad I, Costerton W, Sabharwal U, Sacilowski M, Anaissie E, Bodey GP. Ultrastructural analysis of indwelling vascular catheters: a quantitative relationship between luminal colonization and duration of placement. *J Infect Dis* 1993; 168:400–7.
214. Dobbins BM, Kite P, Kindon A, McMahon MJ, Wilcox MH. DNA fingerprinting analysis of coagulase negative staphylococci implicated in catheter related bloodstream infections. *J Clin Pathol* 2002; 55:824–8.
215. Anaissie E, Samonis G, Kontoyiannis D, et al. Role of catheter colonization and infrequent hematogenous seeding in catheter-related infections. *Eur J Clin Microbiol Infect Dis* 1995; 14:134–7.
216. Raad I, Hanna HA, Awad A, et al. Optimal frequency of changing intravenous administration sets: is it safe to prolong use beyond 72 hours? *Infect Control Hosp Epidemiol* 2001; 22:136–9.
217. Mehall JR, Saltzman DA, Jackson RJ, Smith SD. Fibrin sheath enhances central venous catheter infection. *Crit Care Med* 2002; 30:908–12.
218. Donlan RM, Costerton JW. Biofilms: survival mechanisms of clinically relevant microorganisms. *Clin Microbiol Rev* 2002; 15:167–93.
219. Hawser SP, Douglas LJ. Biofilm formation by *Candida* species on the surface of catheter materials in vitro. *Infect Immun* 1994; 62: 915–21.
220. Stillman RM, Soliman F, Garcia L, Sawyer PN. Etiology of catheter-associated sepsis. Correlation with thrombogenicity. *Arch Surg* 1977; 112:1497–9.
221. Raad II, Luna M, Khalil SA, Costerton JW, Lam C, Bodey GP. The relationship between the thrombotic and infectious complications of central venous catheters. *JAMA* 1994; 271:1014–6.
222. Herrmann M, Suchard SJ, Boxer LA, Waldvogel FA, Lew PD. Thrombospondin binds to *Staphylococcus aureus* and promotes staphylococcal adherence to surfaces. *Infect Immun* 1991; 59:279–88.
223. Shanks RM, Sargent JL, Martinez RM, Graber ML, O’Toole GA. Catheter lock solutions influence staphylococcal biofilm formation on abiotic surfaces. *Nephrol Dial Transplant* 2006; 21:2247–55.
224. Chatzinikolaou I, Zipf TF, Hanna H, et al. Minocycline-ethylenediaminetetraacetate lock solution for the prevention of implantable port infections in children with cancer. *Clin Infect Dis* 2003; 36:116–9.
225. McDevitt D, Francois P, Vaudaux P, Foster TJ. Identification of the ligand-binding domain of the surface-located fibrinogen receptor (clumping factor) of *Staphylococcus aureus*. *Mol Microbiol* 1995; 16:895–907.
226. Ni Eidhin D, Perkins S, Francois P, Vaudaux P, Hook M, Foster TJ. Clumping factor B (ClfB), a new surface-located fibrinogen-binding adhesin of *Staphylococcus aureus*. *Mol Microbiol* 1998; 30:245–57.
227. Mack D, Davies AP, Harris LG, Rohde H, Horstkotte MA, Knobloch JK. Microbial interactions in *Staphylococcus epidermidis* biofilms. *Anal Bioanal Chem* 2007; 387:399–408.
228. von Eiff C, Peters G, Heilmann C. Pathogenesis of infections due to coagulase-negative staphylococci. *Lancet Infect Dis* 2002; 2:677–85.
229. Zhu Y, Weiss EC, Otto M, Fey PD, Smeltzer MS, Somerville GA. *Staphylococcus aureus* metabolism in a biofilm: the influ-

- ence of arginine on polysaccharide intercellular adhesin synthesis, biofilm formation, and pathogenesis. *Infect Immun* 2007; 75:4219–26.
230. Murga R, Miller JM, Donlan RM. Biofilm formation by gram-negative bacteria on central venous catheter connectors: effect of conditioning films in a laboratory model. *J Clin Microbiol* 2001; 39:2294–7.
  231. Douglas LJ. *Candida* biofilms and their role in infection. *Trends Microbiol* 2003; 11:30–6.
  232. Donlan RM. Biofilms: microbial life on surfaces. *Emerg Infect Dis* 2002; 8:881–90.
  233. Dunne WM Jr., Burd EM. The effects of magnesium, calcium, EDTA, and pH on the in vitro adhesion of *Staphylococcus epidermidis* to plastic. *Microbiol Immunol* 1992; 36:1019–27.
  234. Ozerdem Akpolat N, Elci S, Atmaca S, Akbayin H, Gul K. The effects of magnesium, calcium and EDTA on slime production by *Staphylococcus epidermidis* strains. *Folia Microbiol (Praha)* 2003; 48:649–53.
  235. Banin E, Brady KM, Greenberg EP. Chelator-induced dispersal and killing of *Pseudomonas aeruginosa* cells in a biofilm. *Appl Environ Microbiol* 2006; 72:2064–9.
  236. Donlan RM. Role of biofilms in antimicrobial resistance. *ASAIO J* 2000; 46:S47–52.
  237. Farber BF, Kaplan MH, Clogston AG. *Staphylococcus epidermidis* extracted slime inhibits the antimicrobial action of glycopeptide antibiotics. *J Infect Dis* 1990; 161:37–40.
  238. Branchini ML, Pfaller MA, Rhine-Chalberg J, Frempong T, Isenberg HD. Genotypic variation and slime production among blood and catheter isolates of *Candida parapsilosis*. *J Clin Microbiol* 1994; 32:452–6.
  239. Sanders RA, Sheldon GF. Septic complications of total parenteral nutrition. A five year experience. *Am J Surg* 1976; 132:214–20.
  240. Ryan JA Jr., Abel RM, Abbott WM, et al. Catheter complications in total parenteral nutrition. A prospective study of 200 consecutive patients. *N Engl J Med* 1974; 290:757–61.
  241. Murphy LM, Lipman TO. Central venous catheter care in parenteral nutrition: a review. *JPEN J Parenter Enteral Nutr* 1987; 11:190–201.
  242. Armstrong CW, Mayhall CG, Miller KB, et al. Prospective study of catheter replacement and other risk factors for infection of hyperalimentation catheters. *J Infect Dis* 1986; 154:808–16.
  243. Garland JS, Dunne WM Jr., Havens P, et al. Peripheral intravenous catheter complications in critically ill children: a prospective study. *Pediatrics* 1992; 89:1145–50.
  244. Garland JS, Nelson DB, Cheah TE, Hennes HH, Johnson TM. Infectious complications during peripheral intravenous therapy with Teflon catheters: a prospective study. *Pediatr Infect Dis J* 1987; 6:918–21.
  245. Breschan C, Platzer M, Jost R, Schaumberger F, Stettner H, Likar R. Comparison of catheter-related infection and tip colonization between internal jugular and subclavian central venous catheters in surgical neonates. *Anesthesiology* 2007; 107:946–53.
  246. Deshpande KS, Hatem C, Ulrich HL, et al. The incidence of infectious complications of central venous catheters at the subclavian, internal jugular, and femoral sites in an intensive care unit population. *Crit Care Med* 2005; 33:13–20; discussion 234–5.
  247. Durbec O, Viviand X, Potie F, Viale R, Albanese J, Martin C. A prospective evaluation of the use of femoral venous catheters in critically ill adults. *Crit Care Med* 1997; 25:1986–9.
  248. Venkataraman ST, Thompson AE, Orr RA. Femoral vascular catheterization in critically ill infants and children. *Clin Pediatr (Phila)* 1997; 36:311–9.
  249. Sheridan RL, Weber JM. Mechanical and infectious complications of central venous cannulation in children: lessons learned from a 10-year experience placing more than 1000 catheters. *J Burn Care Res* 2006; 27:713–8.
  250. Stenzel JP, Green TP, Fuhrman BP, Carlson PE, Marchessault RP. Percutaneous central venous catheterization in a pediatric intensive care unit: a survival analysis of complications. *Crit Care Med* 1989; 17:984–8.
  251. Goldstein AM, Weber JM, Sheridan RL. Femoral venous access is safe in burned children: an analysis of 224 catheters. *J Pediatr* 1997; 130:442–6.
  252. Ramos GE, Bolgiani AN, Patino O, et al. Catheter infection risk related to the distance between insertion site and burned area. *J Burn Care Rehabil* 2002; 23:266–71.
  253. Sheth NK, Franson TR, Rose HD, Buckmire FL, Cooper JA, Sohnle PG. Colonization of bacteria on polyvinyl chloride and Teflon intravascular catheters in hospitalized patients. *J Clin Microbiol* 1983; 18:1061–3.
  254. Maki DG, Ringer M. Evaluation of dressing regimens for prevention of infection with peripheral intravenous catheters. Gauze, a transparent polyurethane dressing, and an iodophor-transparent dressing. *JAMA* 1987; 258:2396–403.
  255. Pittet D, Hugonnet S, Harbath S, et al. Effectiveness of a hospital-wide programme to improve compliance with hand hygiene. *Lancet* 2000; 356:1307–9.

256. Humar A, Ostromecki A, Drenfeld J, et al. Prospective randomized trial of 10% povidone-iodine versus 0.5% tincture of chlorhexidine as cutaneous antiseptics for prevention of central venous catheter infection. *Clin Infect Dis* 2000; 31:1001–7.
257. Chaiyakunapruk N, Veenstra DL, Lipsky BA, Saint S. Chlorhexidine compared with povidone-iodine solution for vascular catheter-site care: a meta-analysis. *Ann Intern Med* 2002; 136:792–801.
258. Chaiyakunapruk N, Veenstra DL, Lipsky BA, Sullivan SD, Saint S. Vascular catheter site care: the clinical and economic benefits of chlorhexidine gluconate compared with povidone iodine. *Clin Infect Dis* 2003; 37:764–71.
259. Parienti JJ, du Cheyron D, Ramakers M, et al. Alcoholic povidone-iodine to prevent central venous catheter colonization: a randomized unit-crossover study. *Crit Care Med* 2004; 32:708–13.
260. Hoffmann KK, Weber DJ, Samsa GP, Rutala WA. Transparent polyurethane film as an intravenous catheter dressing. A meta-analysis of the infection risks. *JAMA* 1992; 267:2072–6.
261. Gillies D, O’Riordan E, Carr D, O’Brien I, Frost J, Gunning R. Central venous catheter dressings: a systematic review. *J Adv Nurs* 2003; 44:623–32.
262. Ruschulte H, Franke M, Gastmeier P, et al. Prevention of central venous catheter related infections with chlorhexidine gluconate impregnated wound dressings: a randomized controlled trial. *Ann Hematol* 2009; 88:267–72.
263. Veenstra DL, Saint S, Saha S, Lumley T, Sullivan SD. Efficacy of antiseptic-impregnated central venous catheters in preventing catheter-related bloodstream infection: a meta-analysis. *JAMA* 1999; 281:261–7.
264. Maki DG, Stolz SM, Wheeler S, Mermel LA. Prevention of central venous catheter-related bloodstream infection by use of an antiseptic-impregnated catheter. A randomized, controlled trial. *Ann Intern Med* 1997; 127:257–66.
265. Bassetti S, Hu J, D’Agostino RB Jr., and Sherertz RJ. Prolonged antimicrobial activity of a catheter containing chlorhexidine-silver sulfadiazine extends protection against catheter infections in vivo. *Antimicrob Agents Chemother* 2001; 45:1535–8.
266. Oda T, Hamasaki J, Kanda N, Mikami K. Anaphylactic shock induced by an antiseptic-coated central venous [correction of nervous] catheter. *Anesthesiology* 1997; 87:1242–4.
267. Pittaway A, Ford S. Allergy to chlorhexidine-coated central venous catheters revisited. *Br J Anaesth* 2002; 88:304–5; author reply 305.
268. Stephens R, Mythen M, Kallis P, Davies DW, Egner W, Rickards A. Two episodes of life-threatening anaphylaxis in the same patient to a chlorhexidine-sulphadiazine-coated central venous catheter. *Br J Anaesth* 2001; 87:306–8.
269. Terazawa E, Shimonaka H, Nagase K, Masue T, Dohi S. Severe anaphylactic reaction due to a chlorhexidine-impregnated central venous catheter. *Anesthesiology* 1998; 89:1296–8.
270. Jee R, Nel L, Gnanakumaran G, Williams A, Eren E. Four cases of anaphylaxis to chlorhexidine impregnated central venous catheters: a case cluster or the tip of the iceberg? *Br J Anaesth* 2009; 103:614–5.
271. Veenstra DL, Saint S, Sullivan SD. Cost-effectiveness of antiseptic-impregnated central venous catheters for the prevention of catheter-related bloodstream infection. *JAMA* 1999; 282:554–60.
272. Tambe SM, Sampath L, Modak SM. In vitro evaluation of the risk of developing bacterial resistance to antiseptics and antibiotics used in medical devices. *J Antimicrob Chemother* 2001; 47:589–98.
273. Sampath LA, Tambe SM, Modak SM. In vitro and in vivo efficacy of catheters impregnated with antiseptics or antibiotics: evaluation of the risk of bacterial resistance to the antimicrobials in the catheters. *Infect Control Hosp Epidemiol* 2001; 22:640–6.
274. Marcianti KD, Veenstra DL, Lipsky BA, Saint S. Which antimicrobial impregnated central venous catheter should we use? Modeling the costs and outcomes of antimicrobial catheter use. *Am J Infect Control* 2003; 31:1–8.
275. Shorr AF, Humphreys CW, Helman DL. New choices for central venous catheters: potential financial implications. *Chest* 2003; 124:275–84.
276. Hagau N, Studnicska D, Gavrus RL, Csipak G, Hagau R, Slavcovi AV. Central venous catheter colonization and catheter-related bloodstream infections in critically ill patients: a comparison between standard and silver-integrated catheters. *Eur J Anaesthesiol* 2009; 26:752–8.
277. Bong JJ, Kite P, Wilco MH, McMahon MJ. Prevention of catheter related bloodstream infection by silver iontophoretic central venous catheters: a randomised controlled trial. *J Clin Pathol* 2003; 56:731–5.
278. Corral L, Nolla-Salas M, Ibanez-Nolla J, et al. A prospective, randomized study in critically ill patients using the Oligon Vantex catheter. *J Hosp Infect* 2003; 55:212–9.
279. Ranucci M, Isgro G, Giomarelli PP, et al. Impact of oligon central venous catheters on catheter colonization and catheter-related bloodstream infection. *Crit Care Med* 2003; 31:52–9.
280. Raad II, Hachem RY, Abi-Said D, et al. A prospective crossover randomized trial of novobiocin and rifampin prophylaxis for the prevention of intravascular catheter infections in cancer patients treated with interleukin-2. *Cancer* 1998; 82:403–11.

281. McKee R, Dunsmuir R, Whitby M, Garden OJ. Does antibiotic prophylaxis at the time of catheter insertion reduce the incidence of catheter-related sepsis in intravenous nutrition? *J Hosp Infect* 1985; 6:419–25.
282. Sandoe JA, Kumar B, Stoddart B, et al. Effect of extended perioperative antibiotic prophylaxis on intravascular catheter colonization and infection in cardiothoracic surgery patients. *J Antimicrob Chemother* 2003; 52:877–9.
283. Inglis GDT, Jardine LA, Davies MW. Prophylactic antibiotics to reduce morbidity and mortality in neonates with umbilical artery catheters. *Cochrane Database of Systematic Reviews* 2007; Issue 4. Art. No.: CD004697. DOI: 10.1002/14651858.CD004697.pub3.
284. Craft AP, Finer N, Barrington KJ. Vancomycin for prophylaxis against sepsis in preterm neonates. *Cochrane Database of Systematic Reviews* 2000; Issue 1. Art. No.: CD001971. DOI: 10.1002/14651858.CD001971.
285. Norden CW. Application of antibiotic ointment to the site of venous catheterization—a controlled trial. *J Infect Dis* 1969; 120:611–5.
286. Zinner SH, Denny-Brown BC, Braun P, Burke JP, Toala P, Kass EH. Risk of infection with intravenous indwelling catheters: effect of application of antibiotic ointment. *J Infect Dis* 1969; 120:616–9.
287. von Eiff C, Becker K, Machka K, Stammer H, Peters G. Nasal carriage as a source of *Staphylococcus aureus* bacteremia. *N Engl J Med* 2001; 344:11–6.
288. Chow JW, Yu VL. *Staphylococcus aureus* nasal carriage in hemodialysis patients. Its role in infection and approaches to prophylaxis. *Arch Intern Med* 1989; 149:1258–62.
289. Yu VL, Goetz A, Wagener M, et al. *Staphylococcus aureus* nasal carriage and infection in patients on hemodialysis. Efficacy of antibiotic prophylaxis. *N Engl J Med* 1986; 315:91–6.
290. Casewell MW. The nose: an underestimated source of *Staphylococcus aureus* causing wound infection. *J Hosp Infect* 1998; 40:53–11.
291. Hill RL, Fisher AP, Ware RJ, Wilson S, Casewell MW. Mupirocin for the reduction of colonization of internal jugular cannulae—a randomized controlled trial. *J Hosp Infect* 1990; 15:311–21.
292. Sesso R, Barbosa D, Leme IL, et al. *Staphylococcus aureus* prophylaxis in hemodialysis patients using central venous catheter: effect of mupirocin ointment. *J Am Soc Nephrol* 1998; 9:1085–92.
293. Boelaert JR, Van Landuyt HW, Godard CA, et al. Nasal mupirocin ointment decreases the incidence of *Staphylococcus aureus* bacteraemias in haemodialysis patients. *Nephrol Dial Transplant* 1993; 8:235–9.
294. Netto dos Santos KR, de Souza Fonseca L, Gontijo Filho PP. Emergence of high-level mupirocin resistance in methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* isolated from Brazilian university hospitals. *Infect Control Hosp Epidemiol* 1996; 17:813–6.
295. Miller MA, Dascal A, Portnoy J, Mendelson J. Development of mupirocin resistance among methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* after widespread use of nasal mupirocin ointment. *Infect Control Hosp Epidemiol* 1996; 17:811–3.
296. Lok CE, Stanley KE, Hux JE, Richardson R, Tobe SW, Conly J. Hemodialysis infection prevention with polysporin ointment. *J Am Soc Nephrol* 2003; 14:169–79.
297. Yahav D, Rozen-Zvi B, Gafter-Gvili A, Leibovici L, Gafter U, Paul M. Antimicrobial lock solutions for the prevention of infections associated with intravascular catheters in patients undergoing hemodialysis: systematic review and meta-analysis of randomized, controlled trials. *Clin Infect Dis* 2008; 47:83–93.
298. Labriola L, Crott R, Jadoul M. Preventing haemodialysis catheter-related bacteraemia with an antimicrobial lock solution: a meta-analysis of prospective randomized trials. *Nephrol Dial Transplant* 2008; 23:1666–72.
299. Jaffer Y, Selby NM, Taal MW, Fluck RJ, McIntyre CW. A meta-analysis of hemodialysis catheter locking solutions in the prevention of catheter-related infection. *Am J Kidney Dis* 2008; 51:233–41.
300. Safdar N, Maki DG. Use of vancomycin-containing lock or flush solutions for prevention of bloodstream infection associated with central venous access devices: a meta-analysis of prospective, randomized trials. *Clin Infect Dis* 2006; 43:474–84.
301. Sanders J, Pithie A, Ganly P, et al. A prospective double-blind randomized trial comparing intraluminal ethanol with heparinized saline for the prevention of catheter-associated bloodstream infection in immunosuppressed haematology patients. *J Antimicrob Chemother* 2008; 62:809–15.
302. Schinabeck MK, Ghannoum MA. Biofilm-related indwelling medical device infections. In: Pace JL, Rupp ME, Finch RG, eds. *Biofilms, infection, and antimicrobial therapy*. Boca Raton: Taylor and Francis, 4. 2006: 39–50.
303. Gristina AG. Biomaterial-centered infection: microbial adhesion versus tissue integration. *Science* 1987; 237:1588–95.
304. Timsit JF, Farkas JC, Boyer JM, et al. Central vein catheter-related thrombosis in intensive care patients: incidence, risks factors, and relationship with catheter-related sepsis. *Chest* 1998; 114:207–13.
305. Eastman ME, Khorsand M, Maki DG, et al. Central venous device-related infection and thrombosis in patients treated with moderate dose continuous-infusion interleukin-2. *Cancer* 2001; 91:806–14.

306. Abdelkefi A, Torjman L, Ladeb S, et al. Randomized trial of prevention of catheter-related bloodstream infection by continuous infusion of low-dose unfractionated heparin in patients with hematologic and oncologic disease. *J Clin Oncol* 2005; 23:7864–70.
307. Mermel LA, Stolz SM, Maki DG. Surface antimicrobial activity of heparin-bonded and antiseptic-impregnated vascular catheters. *J Infect Dis* 1993; 167:920–4.
308. Pierce CM, Wade A, Mok Q. Heparin-bonded central venous lines reduce thrombotic and infective complications in critically ill children. *Intensive Care Med* 2000; 26:967–72.
309. Appelgren P, Ransjo U, Bindslev L, Espersen F, Larm O. Surface heparinization of central venous catheters reduces microbial colonization in vitro and in vivo: results from a prospective, randomized trial. *Crit Care Med* 1996; 24:1482–9.
310. Abdelkefi A, Achour W, Ben Othman T, et al. Use of heparin-coated central venous lines to prevent catheter-related bloodstream infection. *J Support Oncol* 2007; 5:273–8.
311. Carrasco MN, Bueno A, de las Cuevas C, et al. Evaluation of a triple-lumen central venous heparin-coated catheter versus a catheter coated with chlorhexidine and silver sulfadiazine in critically ill patients. *Intensive Care Med* 2004; 30:633–8.
312. Levy JH, Hursting MJ. Heparin-induced thrombocytopenia, a prothrombotic disease. *Hematol Oncol Clin North Am* 2007; 21:65–88.
313. Weijmer MC, Debets-Ossenkopp YJ, Van De Vondervoort FJ, ter Wee PM. Superior antimicrobial activity of trisodium citrate over heparin for catheter locking. *Nephrol Dial Transplant* 2002; 17:2189–95.
314. Boraks P, Seale J, Price J, et al. Prevention of central venous catheter associated thrombosis using minidose warfarin in patients with haematological malignancies. *Br J Haematol* 1998; 101:483–6.
315. Bern MM, Lokich JJ, Wallach SR, et al. Very low doses of warfarin can prevent thrombosis in central venous catheters. A randomized prospective trial. *Ann Intern Med* 1990; 112:423–8.
316. Akl EA, Karmath G, Yosuco VED, Kim SY, Barba M, Sperati F, Cook D, Schunemann H. Anticoagulation for thrombosis prophylaxis in cancer patients with central venous catheters. *Cochrane Database of Systematic Reviews* 2007; Issue 3. Art. No.: CD006468. DOI: 10.1002/14651858.CD006468.pub2.
317. Akl EA, Muti P, Schunemann HJ. Anticoagulation in patients with cancer: an overview of reviews. *Pol Arch Med Wewn* 2008; 118:183–93.
318. Klerk CP, Smorenburg SM, Buller HR. Thrombosis prophylaxis in patient populations with a central venous catheter: a systematic review. *Arch Intern Med* 2003; 163:1913–21.
319. Heaton DC, Han DY, Inder A. Minidose (1 mg) warfarin as prophylaxis for central vein catheter thrombosis. *Intern Med J* 2002; 32:84–8.
320. Masci G, Magagnoli M, Zucali PA, et al. Minidose warfarin prophylaxis for catheter-associated thrombosis in cancer patients: can it be safely associated with fluorouracil-based chemotherapy? *J Clin Oncol* 2003; 21:736–9.
321. Kuter DJ. Thrombotic complications of central venous catheters in cancer patients. *Oncologist* 2004; 9:207–16.
322. Fontaine PJ. Performance of a new softening expanding midline catheter in home intravenous therapy patients. *J Intraven Nurs* 1991; 14:91–9.
323. Harwood IR, Greene LM, Kozakowski-Koch JA, Rasor JS. New peripherally inserted midline catheter: a better alternative for intravenous antibiotic therapy in patients with cystic fibrosis. *Pediatr Pulmonol* 1992; 12:233–9.
324. Mermel LA, Parenteau S, Tow SM. The risk of midline catheterization in hospitalized patients. A prospective study. *Ann Intern Med* 1995; 123:841–4.
325. Uldall PR, Merchant N, Woods F, Yarworski U, Vas S. Changing subclavian haemodialysis cannulas to reduce infection. *Lancet* 1981; 1:1373.
326. Cook D, Randolph A, Kernerman P, et al. Central venous catheter replacement strategies: a systematic review of the literature. *Crit Care Med* 1997; 25:1417–24.
327. Cobb DK, High KP, Sawyer RG, et al. A controlled trial of scheduled replacement of central venous and pulmonary-artery catheters. *N Engl J Med* 1992; 327:1062–8.
328. Beathard GA. Management of bacteremia associated with tunneled-cuffed hemodialysis catheters. *J Am Soc Nephrol* 1999; 10:1045–9.
329. Duszak R Jr., Haskal ZJ, Thomas-Hawkins C, et al. Replacement of failing tunneled hemodialysis catheters through pre-existing subcutaneous tunnels: a comparison of catheter function and infection rates for de novo placements and over-the-wire exchanges. *J Vasc Interv Radiol* 1998; 9:321–7.
330. Robinson D, Suhocki P, Schwab SJ. Treatment of infected tunneled venous access hemodialysis catheters with guidewire exchange. *Kidney Int* 1998; 53:1792–4.

331. Saad TF. Bacteremia associated with tunneled, cuffed hemodialysis catheters. *Am J Kidney Dis* 1999; 34:1114–24.
332. Ainsworth S, Clerihew L, McGuire W. Percutaneous central venous catheters versus peripheral cannulae for delivery of parenteral nutrition in neonates. *Cochrane Database of Systematic Reviews* 2007; Issue 3. Art. No.: CD004219. DOI: 10.1002/14651858.CD004219. pub3.
333. Shah PS, Kalyn A, Satodia P, et al. A randomized, controlled trial of heparin versus placebo infusion to prolong the usability of peripherally placed percutaneous central venous catheters (PCVCs) in neonates: the HIP (Heparin Infusion for PCVC) study. *Pediatrics* 2007; 119:e284–91.
334. Jaar BG, Hermann JA, Furth SL, Briggs W, Powe NR. Septicemia in diabetic hemodialysis patients: comparison of incidence, risk factors, and mortality with nondiabetic hemodialysis patients. *Am J Kidney Dis* 2000; 35:282–92.
335. Powe NR, Jaar B, Furth SL, Hermann J, Briggs W. Septicemia in dialysis patients: incidence, risk factors, and prognosis. *Kidney Int* 1999; 55:1081–90.
336. Hoen B, Paul-Dauphin A, Hestin D, Kessler M. EPIBACDIAL: a multicenter prospective study of risk factors for bacteremia in chronic hemodialysis patients. *J Am Soc Nephrol* 1998; 9:869–76.
337. Blot F, Chachaty E, Raynard B, Antoun S, Bourgain JL, Nitenberg G. 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* 2001; 48:289–97.
338. Kac G, Durain E, Amrein C, Herisson E, Fiemeyer A, Buu-Hoi A. Colonization and infection of pulmonary artery catheter in cardiac surgery patients: epidemiology and multivariate analysis of risk factors. *Crit Care Med* 2001; 29:971–5.
339. Chen YY, Yen DH, Yang YG, Liu CY, Wang FD, Chou P. Comparison between replacement at 4 days and 7 days of the infection rate for pulmonary artery catheters in an intensive care unit. *Crit Care Med* 2003; 31:1353–8.
340. Balagtas RC, Bell CE, Edwards LD, Levin S. Risk of local and systemic infections associated with umbilical vein catheterization: a prospective study in 86 newborn patients. *Pediatrics* 1971; 48:359–67.
341. Butler-O'Hara M, Buzzard CJ, Reubens L, McDermott MP, DiGrazio W, D'Angio CT. A randomized trial comparing long-term and short-term use of umbilical venous catheters in premature infants with birth weights of less than 1251 grams. *Pediatrics* 2006; 118:e25–35.
342. Scheer B, Perel A, Pfeiffer UJ. Clinical review: complications and risk factors of peripheral arterial catheters used for haemodynamic monitoring in anaesthesia and intensive care medicine. *Crit Care* 2002; 6:199–204.
343. Lorente L, Santacreu R, Martin MM, Jimenez A, Mora ML. Arterial catheter-related infection of 2,949 catheters. *Crit Care* 2006; 10:R83.
344. Furfaro S, Gauthier M, Lacroix J, Nadeau D, Lafleur L, Mathews S. Arterial catheter-related infections in children. A 1-year cohort analysis. *Am J Dis Child* 1991; 145:1037–43.
345. Rickard CM, Lipman J, Courtney M, Siverson R, Daley P. Routine changing of intravenous administration sets does not reduce colonization or infection in central venous catheters. *Infect Control Hosp Epidemiol* 2004; 25:650–5.
346. Hanna HA, Raad I. Blood products: a significant risk factor for long-term catheter-related bloodstream infections in cancer patients. *Infect Control Hosp Epidemiol* 2001; 22:165–6.
347. Saiman L, Ludington E, Dawson JD, et al. Risk factors for *Candida* species colonization of neonatal intensive care unit patients. *Pediatr Infect Dis J* 2001; 20:1119–24.
348. Avila-Figueroa C, Goldmann DA, Richardson DK, Gray JE, Ferrari A, Freeman J. Intravenous lipid emulsions are the major determinant of coagulase-negative staphylococcal bacteremia in very low birth weight newborns. *Pediatr Infect Dis J* 1998; 17:10–7.
349. Crocker KS, Noga R, Filibeck DJ, Krey SH, Markovic M, Steffee WP. Microbial growth comparisons of five commercial parenteral lipid emulsions. *J Parenter Enteral Nutr* 1984; 8:391–5.
350. Jarvis WR, Highsmith AK. Bacterial growth and endotoxin production in lipid emulsion. *J Clin Microbiol* 1984; 19:17–20.
351. Karamanoglu A, Yumuk PF, Gumus M, et al. Port needles: do they need to be removed as frequently in infusional chemotherapy? *J Infus Nurs* 2003; 26:239–42.
352. Niel-Weise BS, Daha TJ, van den Broek PJ. Is there evidence for recommending needleless closed catheter access systems in guidelines? A systematic review of randomized controlled trials. *J Hosp Infect* 2006; 62:406–13.
353. Inoue Y, Nezu R, Matsuda H, et al. Prevention of catheter-related sepsis during parenteral nutrition: effect of a new connection device. *J Parenter Enteral Nutr* 1992; 16:581–5.
354. Yebenes JC, Vidaur L, Serra-Prat M, et al. Prevention of catheter-related bloodstream infection in critically ill patients using a disinfectable, needle-free connector: a randomized controlled trial. *Am J Infect Control* 2004; 32:291–5.
355. Casey AL, Worthington T, Lambert PA, Quinn D, Farouqi MH, Elliott TS. A randomized, prospective clinical trial to assess the potential infection risk associated with the PosiFlow needleless connector. *J Hosp Infect* 2003; 54:288–93.

356. Esteve F, Pujol M, Limon E, et al. Bloodstream infection related to catheter connections: a prospective trial of two connection systems. *J Hosp Infect* 2007; 67:30–4.
357. Yebenes JC, Delgado M, Sauca G, et al. Efficacy of three different valve systems of needle-free closed connectors in avoiding access of microorganisms to endovascular catheters after incorrect handling. *Crit Care Med* 2008; 36:2558–61.
358. Menyhay SZ, Maki DG. Preventing central venous catheter-associated bloodstream infections: development of an antiseptic barrier cap for needleless connectors. *Am J Infect Control* 2008; 36:(Suppl 174):e1–5.
359. Jarvis WR, Murphy C, Hall KK, et al. Health care-associated bloodstream infections associated with negative-or positive-pressure or displacement mechanical valve needleless connectors. *Clin Infect Dis* 2009; 49:1821–7.
360. Menyhay SZ, Maki DG. Disinfection of needleless catheter connectors and access ports with alcohol may not prevent microbial entry: the promise of a novel antiseptic-barrier cap. *Infect Control Hosp Epidemiol* 2006; 27:23–7.
361. Safdar N, Maki DG. Lost in translation. *Infect Control Hosp Epidemiol* 2006; 27:3–7.
362. Warren DK, Yokoe DS, Climo MW, et al. Preventing catheter-associated bloodstream infections: a survey of policies for insertion and care of central venous catheters from hospitals in the prevention epicenter program. *Infect Control Hosp Epidemiol* 2006; 27:8–13.
363. O’Grady NP, Alexander M, Dellinger EP, et al. Guidelines for the prevention of intravascular catheter-related infections. Centers for Disease Control and Prevention. *MMWR Recomm Rep* 2002;51:1–29.
364. Krein SL, Hofer TP, Kowalski CP, et al. Use of central venous catheter-related bloodstream infection prevention practices by US hospitals. *Mayo Clin Proc* 2007; 82:672–8.
365. Lobo RD, Levin AS, Gomes LM, et al. Impact of an educational program and policy changes on decreasing catheter-associated bloodstream infections in a medical intensive care unit in Brazil. *Am J Infect Control* 2005; 33:83–7.
366. Marschall J, Leone C, Jones M, Nihill D, Fraser VJ, Warren DK. Catheter-associated bloodstream infections in general medical patients outside the intensive care unit: a surveillance study. *Infect Control Hosp Epidemiol* 2007; 28:905–9.
367. Rosenthal VD, McCormick RD, Guzman S, Villamayor C, Orellano PW. Effect of education and performance feedback on handwashing: the benefit of administrative support in Argentinean hospitals. *Am J Infect Control* 2003; 31:85–92.
368. Gastmeier P, Geffers C. Prevention of catheter-related bloodstream infections: analysis of studies published between 2002 and 2005. *J Hosp Infect* 2006; 64:326–35.
369. Pronovost PJ, Goeschel CA, Colantuoni E, et al. Sustaining reductions in catheter related bloodstream infections in Michigan intensive care units: observational study. *BMJ* 2010; 340:c309.
370. Shapey IM, Foster MA, Whitehouse T, Jumaa P, Bion JF. Central venous catheter-related bloodstream infections: improving post-insertion catheter care. *J Hosp Infect* 2009; 71:117–22.

**【付録1】**  
**2011版と2002版との主な相違点**

**【付録2】**  
**2011版で削除された項目一覧**

【付録1】

# 2011版と2002版との主な相違点

Guidelines for the Prevention of Intravascular Catheter-Related Infections			
項目	2011版和訳	2002版和訳	相違点の説明
<b>教育、トレーニングとスタッフの配置</b>			
1	医療従事者に対し、血管内カテーテル使用の適応、同カテーテルの挿入と維持管理の適正手順、血管内カテーテル関連感染を防止するための適切な感染対策の方法についての教育を行うこと [7-15]。	医療従事者に対し、血管内カテーテルの使用、同カテーテルの挿入と維持管理の適正手順、血管内カテーテル関連感染を防止するための適正な感染対策についての教育を行なうこと。	「workers」⇒「personnel」の英単語の変更。
2	血管内カテーテルの挿入と維持管理に <b>関与している者</b> 全員に対し、ガイドラインに関する知識と遵守に関する評価を適宜行うこと [7-15]。	血管内カテーテルの挿入と維持管理を行なう者全員がガイドラインを熟知しているか否か、ガイドラインを遵守しているか否かを定期的に評価すること。	「カテーテルの挿入と維持管理を行う者」⇒「関与している者」へ変更
3	<b>末梢および中心静脈カテーテル</b> の挿入・維持管理は、訓練を受け、 <b>技能が実証された</b> 医療従事者のみに担当させること [14-28]。	血管内カテーテルの挿入および維持管理は訓練を受けた医療従事者に担当させること。	「血管内カテーテル」⇒「末梢および中心静脈カテーテル」へ変更 「技能が実証された」が新たに追加
4	ICU看護スタッフの水準を適正レベルに維持すること。「 <b>予備看護師</b> 」の割合の増加、 <b>看護師1人当たりの患者数の増加が、CVC患者を管理するICUでのCRBSI発生に関連しているという観察研究での報告がある</b> [29-31]。	CRBSI発生を最小限にするため、ICU看護スタッフの水準を適正レベルに維持すること。	文章の追加
<b>カテーテル挿入部位の選択</b> <b>末梢カテーテルおよびミッドラインカテーテル</b>			
1	成人では、上肢をカテーテル挿入部位とする。下肢にカテーテルが挿入されている場合は、可能な限り早期に上肢に留置し直すこと。	成人の場合は、下肢ではなく上肢を挿入部位とすること。カテーテルが下肢に挿入されている場合は、可能な限り早期に上肢に留置し直すこと。	「下肢ではなく」が削除 カテゴリー IA⇒IIへ変更
2	小児では、 <b>上肢、下肢、頭皮（新生児・乳児の場合）</b> のいずれかをカテーテル挿入部位とすること [32, 33]。	小児患者の場合は、手、足背もしくは頭皮にカテーテルを挿入すること。	「手、足背もしくは頭皮」⇒「上肢、下肢、頭皮（新生児・乳児の場合）」へ変更
3	使用目的と使用期間、 <b>既知の感染性・非感染性合併症</b> （静脈炎、浸潤等）のほか、カテーテルを操作する者の経験に基づいてカテーテルを選択すること [33-35]。	使用目的と使用期間、既知の合併症（静脈炎、浸潤等）、カテーテルを操作する者の経験等を基準にカテーテルを選択すること。	「既知の合併症」⇒「既知の感染性・非感染性合併症」へ変更
4	血管外に漏出した場合、組織壊死につながる可能性のある輸液製剤または薬剤を投与する際には、金属針を使用しないこと [33, 34]。	血管外に漏出した場合、組織の壊死につながる可能性のある液剤、薬剤の投与に金属針を使用しないこと。	
5	静脈投与期間が6日を超えると想定される場合は、 <b>ショートタイプの末梢静脈カテーテルのかわりにミッドラインカテーテルまたは末梢挿入型中心静脈カテーテル（PICC）を使用すること。</b>	IV治療の期間が6日を超える可能性が高い場合は、中間カテーテルもしくはPICCを使用すること。	「ショートタイプの末梢静脈カテーテルのかわりに」が新たに追加。 カテゴリー IB⇒IIへ変更
6	ドレッシング材の上からの触診による圧痛診断、加えて透明なドレッシング材を使用している場合は視診により、毎日カテーテル挿入部位をチェックすること。感染の徴候が見られない限り、ガーゼドレッシングや不透明なドレッシング材は除去しないこと。局所圧痛などCRBSIが疑われる徴候が認められた場合は、不透明なドレッシング材を除去し、該当部位を視診すること。	ドレッシング越しの触診による圧痛診断、加えて透明なドレッシング材を使用している場合は、視診により毎日カテーテル挿入部位をチェックすること。患者に感染を示す臨床的な兆候がない限り、ガーゼドレッシングや半透明なドレッシング材を除去しないこと。患者に局所的な圧痛やCRBSIの可能性を示す兆候があった場合、半透明ドレッシング材を除去し、該当部位を視診でチェックのこと。	
7	静脈炎（熱感、圧痛、紅斑、触診可能な索状静脈等）、感染、カテーテルの機能不全のいずれかの徴候を認めた場合は、末梢静脈カテーテルを抜去すること [36]。	患者に静脈炎（ほてり、圧痛、紅斑、触診可能な索状静脈等）、感染あるいはカテーテルの機能不全の兆候が認められた場合は、末梢静脈カテーテルを抜去すること。	

Guidelines for the Prevention of Intravascular Catheter-Related Infections

項目	2011版和訳	2002版和訳	相違点の説明
<b>中心静脈カテーテル</b>			
1	感染性合併症の発生低減のために推奨される部位に <b>中心静脈</b> のデバイスを留置するリスクおよびメリットと、機械的合併症（気胸、鎖骨下動脈穿刺、鎖骨下静脈裂傷、鎖骨下静脈狭窄、血胸、血栓、空気塞栓、カテーテル位置異常等）のリスクを比較検討すること [37-53]。	感染合併症の発生低減のために推奨部位に器具を留置することのリスクとメリット、ならびに機械的合併症のリスク（気胸、鎖骨下動脈穿刺、鎖骨下静脈破裂、鎖骨下静脈狭窄、血胸、血栓、空気塞栓、カテーテル誤留置）等を比較検討すること。	「中心静脈の」が追加
2	成人の場合、 <b>中心静脈アクセスには、大腿静脈の使用は避けること</b> [38, 50, 51, 54]。	記載なし	新設
3	成人の場合、非トンネルタイプのCVC留置に伴う感染リスクを最小限にするため、頸部や大腿部ではなく、鎖骨下領域を挿入部位とすること [50-52]。	成人患者の場合は、非トンネルタイプのCVC留置に伴う感染リスクを最低限にするため、(頸部あるいは大腿部ではなく)鎖骨下部分を使用すること。	カテゴリー IA⇒IBへ変更
4	<b>トンネルタイプ</b> のCVCの感染リスクを最小限にするうえで望ましい挿入部位についての勧告はない。	非トンネルタイプのCVCの感染リスクを最小限にするうえで望ましい挿入部位に関して勧告を行なうことはできない。	「非トンネルタイプ」⇒「トンネルタイプ」へ変更 非トンネルタイプに関しては、上記3で勧告されています。
5	<b>血液透析患者および進行性の腎疾患患者の場合、鎖骨下静脈狭窄を避けるために鎖骨下領域を挿入部位としないこと</b> [53, 55-58]。	血液透析やフェレシスを目的とするカテーテルは、カテーテルのアクセスが必要な場合の静脈狭窄を避けるために鎖骨下静脈よりも頸静脈または大腿静脈に留置すること。	全体的な文章の変更
6	<b>慢性腎不全患者で、透析用の恒久的アクセスを必要とする場合は、CVCのかわりに動静脈瘻またはグラフトを使用すること</b> [59]。	透析用の恒久的アクセスを必要とする場合は、CVCに代えて動静脈瘻またはグラフトを用いること。	「慢性腎不全患者」が追加 カテゴリー IB⇒IAへ変更
7	<b>穿刺回数および機械的合併症を低減させるため、中心静脈カテーテル留置は（可能であれば）超音波ガイドを使用すること。超音波ガイドを使用できるのは、十分に訓練を受けたスタッフのみとする</b> [60-64]。	記載なし	新設
8	患者の管理に必要な最小限のポート数またはルーメン数のCVCを使用する [65-68]。	患者の管理に必要な最小限のポート数またはルーメン数のCVCを使用する。	
9	<b>経静脈栄養に決まったルーメンを使用することに関する勧告はない。</b>	記載なし	新設
10	血管内カテーテルは必要でなくなった場合は早急に抜去すること [69-72]。	血管内カテーテルが必須でなくなった場合、速やかに抜去すること。	
11	無菌操作の遵守が確実でない場合（緊急時におけるカテーテルの挿入等）、 <b>48時間以内</b> に可能な限り早期にカテーテルを交換すること [37, 73-76]。	無菌操作を確実に採用できない場合（緊急時におけるカテーテルの挿入等）、 <b>48時間を超えず、かつ可能な限り早期に全カテーテルを交換すること。</b>	「48時間を超えず」⇒「48時間以内に」へ変更 カテゴリー II⇒IBへ変更
<b>手指衛生と無菌操作</b>			
1	<b>通常の石鹸と流水またはアルコールベースの速乾性擦式手指消毒薬（ABHR）を使用して、手指衛生手順を遂行すること。手指衛生は、カテーテル挿入部位に触れる前と後、血管内カテーテルの挿入、交換、アクセス、修復、ドレッシング材取り扱いの前後にも行う。無菌操作による場合を除き、消毒薬を使用した後で挿入部位の触診を行わないこと</b> [12, 77-79]。	消毒薬を含む通常の石鹸と流水、もしくは流水を必要としないアルコールジェルまたはフォームを用いて、しかるべき手の衛生手順を遵守すること。カテーテル挿入部位に触れる前と後、血管内カテーテルの挿入、交換、アクセス、修理、ドレッシング取り扱いの前後には手の衛生手順に従うこと。無菌操作による場合を除き、消毒薬を使用した後で挿入部位の触診を行わないこと。	「アルコールジェルまたはフォーム」⇒「アルコールベースの速乾性擦式手指消毒薬（ABHR）」へ変更 カテゴリー IA⇒IBへ変更
2	血管内カテーテルの挿入時およびケア時には <b>無菌操作を遵守すること</b> [37, 73, 74, 76]。	血管内カテーテルの挿入やケア時には <b>無菌操作</b> を守ること。	カテゴリー IA⇒IBへ変更
3	<b>末梢血管内カテーテルの挿入時には、皮膚消毒薬を使用した後に刺入部位に触れないならば、滅菌手袋ではなく清潔な未滅菌手袋を使用してもよい。</b>	記載なし	新設
4	<b>動脈カテーテル、中心静脈カテーテル、ミッドラインカテーテル挿入時には滅菌手袋を着用すること</b> [37, 73, 74, 76]。	記載なし	新設
5	ガイドワイヤーを用いた交換の際には、 <b>新しいカテーテルを扱う前に新しい滅菌手袋を着用すること。</b>	ガイドワイヤーを用いた交換法を行なう場合、 <b>新しいカテーテルを扱う時点で新しい滅菌手袋に交換すること。</b>	

## Guidelines for the Prevention of Intravascular Catheter-Related Infections

項目	2011版和訳	2002版和訳	相違点の説明
6	血管内カテーテルのドレッシング材交換時には、清潔な未滅菌手袋または滅菌手袋を着用すること。	血管内カテーテルのドレッシング交換時は、清潔な未滅菌手袋または滅菌手袋を着用のこと。	
<b>最大滅菌バリアプレコーション</b>			
1	CVC、PICC挿入時またはガイドワイヤーを用いた交換には、帽子、マスク、滅菌ガウン、滅菌手袋、 <b>全身を覆う滅菌ドレープ</b> を用いて、 <b>最大滅菌バリアプレコーションで行うこと</b> [14, 75, 76, 80]。	CVC(PICCを含む)挿入時またはガイドワイヤー交換時には、帽子、マスク、滅菌ガウン、滅菌手袋、大型の滅菌ドレープを用いて無菌操作で行うこと。	「大型の滅菌ドレープ」⇒「全身を覆う滅菌ドレープ」へ変更 「無菌操作」⇒「最大滅菌バリアプレコーション」へ変更 カテゴリー IA⇒IBへ変更
2	肺動脈カテーテル挿入時には、保護のための滅菌スリーブを使用すること [81]。	肺動脈カテーテル挿入時には保護のため滅菌済みのスリーブを使用すること。	
<b>皮膚消毒</b>			
1	<b>末梢静脈カテーテル挿入前</b> には、消毒薬（70%アルコール、ヨードチンキ、 <b>クロルヘキシジングルコン酸塩アルコール溶液</b> ）で皮膚の消毒を行うこと [82]。	カテーテルの挿入を行なう前、ならびにドレッシング交換時には適正な消毒薬を用いて皮膚の消毒を行なうこと。2%クロルヘキシジンベースの消毒薬が望ましいが、ヨードチンキ、ヨードホルムあるいは70%アルコールを使用しても差支えない。	末梢静脈挿入の消毒に関して記載。 「70%アルコール、ヨードチンキ、クロルヘキシジングルコン酸塩アルコール溶液のうちどれかで消毒を行うことを推奨。 カテゴリー IA⇒IBへ変更
2	中心静脈カテーテルおよび末梢動脈カテーテル挿入前、ドレッシング材交換時には、 <b>アルコールを含んだ0.5%を超える濃度のクロルヘキシジンで皮膚を消毒する</b> 。クロルヘキシジンが禁忌である場合は、ヨードチンキ、ヨードホルムまたは <b>70%アルコール</b> で代用する [82, 83]。		中心静脈と動脈カテーテルの挿入やドレッシング交換時の消毒に関して記載。 アルコールを含んだ0.5%を超える濃度のクロルヘキシジンで皮膚を消毒することを推奨。クロルヘキシジンが禁忌の場合はその他記載されている消毒薬での代用を推奨。
3	<b>皮膚の消毒に使用するクロルヘキシジンアルコールとポビドンヨードアルコールの比較検討はなされていない</b> 。	記載なし	新設
4	生後2カ月未満の乳児に対する <b>クロルヘキシジンの安全性または有効性</b> に関する勧告はない。	生後2カ月未満の乳児に対するクロルヘキシジンの使用は推奨できない。	「安全性または有効性」が追加
5	消毒薬は、メーカーの推奨に従って、カテーテルを挿入する前に <b>乾燥させること</b> [82, 83]。	カテーテル挿入前に挿入部位に消毒薬を残留させたまま、空気乾燥をすること。ポビドンヨードの場合は、カテーテル挿入前に最低限2分間、乾燥していない状態ではそれ以上の時間にわたって皮膚に残存させること。	文章の大幅な変更
<b>カテーテル挿入部位のドレッシング管理</b>			
1	カテーテル挿入部位の被覆には、滅菌ガーゼまたは滅菌・透明・半透過性のドレッシング材を使用すること [84-87]。	カテーテル挿入部位を被覆するため、滅菌ガーゼもしくは滅菌・透明・半透過性のドレッシング材を使用すること。	
2	患者が発汗性である場合、または留置部位に出血あるいは血液の滲出が認められる場合は、 <b>それが解決するまで、ガーゼドレッシングを使用すること</b> [84-87]。	患者が発汗性である場合、または留置部位に出血あるいは毛細血管性出血がある場合は、 <b>透明・半透過性のドレッシング材よりもガーゼによるドレッシングが望ましい</b> 。	「透明・半透明のドレッシング材よりもガーゼによるドレッシングが望ましい」⇒「それが解決するまで、ガーゼドレッシングを使用すること」へ変更
3	カテーテル挿入部位のドレッシング材が、湿ったり、緩んだり、目に見えて汚れたりした場合は交換すること [84, 85]。	カテーテル留置部位のドレッシングが湿った場合、緩んだ場合、目に見えて汚れた場合は交換のこと。	
4	透析カテーテルを除き、挿入部位に対する局所的な抗菌薬軟膏またはクリームの使用は、 <b>真菌感染や抗菌薬耐性を促進するおそれがあるため行わないこと</b> [88, 89]。	挿入部位（透析カテーテルの場合を除く）の局所的な抗生物質の軟膏やクリームは、真菌感染や抗微生物薬耐性菌の出現を促進する恐れがあるため使用しないこと（「成人患者と小児患者における中心静脈カテーテル（PICC、血液透析、肺動脈カテーテルを含む）」のII-1を参照）。	（「成人患者と小児患者における中心静脈カテーテル（PICC、血液透析、肺動脈カテーテルを含む）」のII-1を参照）が削除 カテゴリー IA⇒IBへ変更
5	<b>カテーテルやカテーテル挿入部位</b> を水に浸さない。シャワーは、カテーテル内への菌の侵入を防止するための措置（シャワー中はカテーテルと接続器具を不透過性のカバーで保護する等）を予め講じていれば差支えない [90-92]。	カテーテルを水に浸してはならない。カテーテル内への菌の侵入を防止するための措置を講じた場合（水をかけるときにカテーテルと接続器具が不透過性のカバーで保護されている等）は水をかけても差支えない。	「カテーテルを」⇒「カテーテルやカテーテル挿入部位」へ変更 カテゴリー II⇒IBへ変更

## Guidelines for the Prevention of Intravascular Catheter-Related Infections

項目	2011版和訳	2002版和訳	相違点の説明
6	短期CVC挿入部位に使用したガーゼドレッシング材は、2日毎に交換すること。	短期CVCに使用するガーゼドレッシング材は2日毎に、同透明ドレッシング材は最低限7日毎に交換のこと。(カテーテル抜去のリスクがドレッシング交換のメリットより重要視されるべき小児患者の場合を除く)。	ガーゼ交換についてのみ記載へ変更 カテゴリー-IB⇒IIへ変更
7	短期CVC挿入部位に使用する透明ドレッシング材は、最低7日毎に交換すること。ただし、カテーテル抜去のリスクがドレッシング交換のメリットより上回る可能性のある小児患者の場合を除く [87, 93]。	トンネルタイプまたはインプラントタイプのCVCに使用するドレッシングは、挿入部分が治癒するまで、週に1度の割合で交換のこと。	ドレッシング材についてのみの記載へ変更
8	トンネルタイプまたは埋め込み型CVCに使用する透明ドレッシングは、(ドレッシングが汚れるか緩んだりしない限りは)挿入部位が治癒するまで、週1回の割合で交換すること。	トンネルタイプまたはインプラントタイプのCVCに使用するドレッシングは、挿入部分が治癒するまで、週に1度の割合で交換のこと。	「ドレッシング」⇒「透明ドレッシング」へ変更 「ドレッシングが汚れるか緩んだりしない限りは」が追加 カテゴリー-IB⇒IIへ変更
9	長期カフ付きトンネルタイプCVCの良く治癒した出口部に対するドレッシング材の必要性に関する勧告はない。	長期のカフ付きトンネルタイプCVCの、よく治癒した出口部分のドレッシングの必要性に関して勧告を行なうことはできない。	
10	カテーテルの素材に適合した方法でカテーテル挿入部位をケアすること [94, 95]。	カテーテル部位のケアはカテーテルの材質に適合するものであること。	
11	すべての肺動脈カテーテルに対して滅菌スリーブを使用すること [81]。	肺動脈カテーテルには必ず滅菌スリーブを使用すること。	
12	クロルヘキシジン含浸スポンジドレッシングは、教育やトレーニング、皮膚消毒におけるクロルヘキシジンの適切な使用、最大滅菌バリアプレコーションなどの基本的な感染予防策を講じたにもかかわらずCLABSI発生率が低下しない場合に、生後2か月以上の患者の一時的な短期留置カテーテルに対し使用すること [93, 96-98]。	感染発生率を低減する目的でクロルヘキシジンのスポンジドレッシング材を使用することに関して勧告を行なうことはできない。  生後7日未満および在胎期間26週未満で出生した新生児には、クロルヘキシジンのスポンジドレッシング材を使用しないこと。	CLABSI対策を行ったにも関わらず、CLABSIが高率の場合にはクロルヘキシジン含浸スポンジドレッシングの使用が、生後2か月以上の患者で推奨。
13	他のタイプのクロルヘキシジンドレッシングについての勧告はない。	記載なし	新設
14	患者個々の臨床症状に応じて、ドレッシング交換時もしくは定期的にドレッシングの上から触診することによって、カテーテル挿入部を視覚的に観察すること。もし、患者が挿入部に圧痛を訴えた場合や、明らかな原因がない発熱、または局所的な感染や血流感染を示すその他の徴候が認められた場合、ドレッシングを除去して挿入部位を十分に診察すること [99-101]。	各患者の臨床条件に応じて、ドレッシングを損なわずに視診または触診で定期的にカテーテル留置部位を監視すること。患者が挿入部分に圧痛を訴えた場合、明白な原因なしに発熱を起した場合は、または局所的なBSIを示唆するような他の兆候が認められた場合は該当部分を十分に診察できるようにドレッシングを除去すること。	文章・表現の変更
15	患者に対し、カテーテル挿入部位に何らかの異変または新たな不快感などが生じた場合にはどんなことであっても、必ず医療従事者に報告するように勧めること。	患者に対し、カテーテル留置部位に何らかの変化があった場合あるいは新たな不快感が生じた場合は、担当の医療従事者に報告するよう勧めること。	文章全体の変更
<b>皮膚の清拭</b>			
	CRBSI発生を低減するため、1日1回2%クロルヘキシジンで皮膚の清拭を行うこと [102-104]		新設
<b>カテーテル固定器具</b>			
	血管内カテーテルによる感染リスクを低減するために、無縫合式固定器具を使用すること [105]。	無縫合式固定器具の使用に関しては勧告を行なうことはできない。	無縫合式固定器具の使用が「勧告を行うことはできない」⇒「使用すること」へ変更 未解決⇒カテゴリー-IIへ変更

## Guidelines for the Prevention of Intravascular Catheter-Related Infections

項目	2011版和訳	2002版和訳	相違点の説明
<b>抗菌薬／抗菌含浸カテーテルとカフ</b>			
	CLABSI発生率を低下させるために総合的な対策を実施したにもかかわらず、CLABSI発生率が低下しない場合は、カテーテルの留置期間が5日を超えると予想される <b>患者</b> に対して、 <b>クロルヘキシジン/スルファジアジン銀含浸CVC又はミノサイクリン/リファンピン含浸CVC</b> を使用すること。上記の総合的な対策には次の3つの要素を含むものとする：カテーテルの挿入と維持管理を行う医療従事者に対する教育、最大滅菌バリアプレコーションの使用、CVC挿入時の皮膚消毒における <b>アルコールを含んだ0.5%を超える濃度のクロルヘキシジンの使用</b> [106-113]。	CRBSI発生率を低下させるために総合的な対策を実施したにもかかわらず、CRBSI発生率が依然として基準率（表2）や地域の要因に基づき施設が設定した目標を上回る場合や、カテーテルの留置期間が5日を超えると予想される成人患者に対しては、抗菌剤または消毒薬を含有させたCVCを使用すること。上記の総合的な対策には次の3つの要素を含むものとする：カテーテルの挿入と維持管理を行なう医療従事者に対する教育、高度無菌バリアプレコーションの導入、CVC挿入時の皮膚消毒に2%クロルヘキシジン製剤を使用。	「成人患者」⇒「患者」へ変更 「抗菌剤または消毒薬を含有させたCVC」⇒「クロルヘキシジン/スルファジアジン銀含浸CVC又はミノサイクリン/リファンピン含浸CVC」へ変更 「2%クロルヘキシジン製剤」⇒「アルコールを含んだ0.5%を超える濃度のクロルヘキシジン」へ変更 カテゴリー IB⇒IAへ変更
<b>抗菌薬の予防的全身投与</b>			
	カテーテルへの菌の定着またはCRBSIを防止する目的で、血管内カテーテルの挿入前あるいは使用中に抗菌薬の予防的全身投与を日常的に行わないこと [114]。	カテーテルの菌の定着またはBSIを防止するため、血管内カテーテルの使用前あるいは使用中に予防的な抗菌剤の <b>鼻腔内投与</b> または全身投与を日常的に行わないこと。	「鼻腔内投与」が削除 カテゴリー IA⇒IBへ変更
<b>抗菌薬／抗生物質軟膏</b>			
	カテーテル挿入後および透析時間終了毎に、血液透析カテーテルの出口部分には、メーカーの推奨事項からみて血液透析カテーテルの材質との間に相互作用がない場合、 <b>ポビドンヨード抗菌軟膏</b> 、あるいは <b>バシトラシン、グラミシジン、ポリミキシンB軟膏</b> を使用すること [59, 115-119]。	カテーテル挿入後、透析時間終了毎に、メーカーの推奨事項からみて血液透析カテーテルの材質との間に相互作用がない場合、血液透析カテーテルの出口部分にはポビドンヨード製剤の軟膏を使用すること。	「ポビドンヨード製剤の軟膏」⇒「ポビドンヨード抗菌軟膏、あるいはバシトラシン、グラミシジン、ポリミキシンB軟膏」へ変更 カテゴリー II⇒IBへ変更
<b>抗菌薬ロック、抗菌薬カテーテルフラッシュとカテーテル予防的ロック</b>			
	予防的抗菌薬ロックは、無菌操作を最適かつ最大限に遵守したにもかかわらず複数回のCRBSIを起した履歴をもつ <b>長期カテーテルの患者</b> に使用すること [120-138]。	CRBSIを防止するため、抗生物質ロック溶液を日常的に使用しないこと。予防的抗生物質ロック溶液は、特殊な状況（最大限の無菌操作適用にもかかわらず何度もCRBSIの経歴をもつ患者に対する長期的なカフ付きカテーテル、またはトンネルタイプのカテーテルまたはポートを用いた治療等）に限り使用すること。	「長期的なカフ付きカテーテル、またはトンネルタイプのカテーテルまたはポートを用いた治療等」⇒「長期カテーテルの患者」へ変更
<b>抗凝固薬</b>			
	一般患者集団に対して、カテーテル関連感染のリスクを低減させる目的で抗凝固薬を日常的に使用しないこと [139]。	記載なし	新設
<b>末梢カテーテルおよびミッドラインカテーテルの交換</b>			
1	成人では <b>感染</b> や静脈炎のリスクを低減するために <b>72-96時間よりも頻回に末梢カテーテルを交換する必要はない</b> [36, 140, 141]。	静脈炎防止のため、成人の患者では少なくとも72～96時間毎に末梢静脈カテーテルを交換すること。	「感染」が追加 「72～96時間毎に交換」⇒「72～96時間よりも頻回に交換する必要はない」へ変更
2	成人において、臨床的に必要な時にのみ末梢カテーテルを交換することに関する勧告はない [142-144]。	記載なし	新設
3	小児患者の場合、臨床的に必要な時にのみ、末梢カテーテルを交換すること [32, 33]。	小児の場合は、合併症（静脈炎、浸潤等）がない限り、IV治療完了まで末梢静脈カテーテルの交換を行わないこと。	表現の変更
4	ミッドラインカテーテルは、特定の適応がある場合にのみ交換すること。	感染リスクを軽減するため、中間カテーテルを定期的に交換してはならない。	カテゴリー IB⇒IIへ変更
<b>PICCと血液透析カテーテルを含むCVCの交換</b>			
1	カテーテル関連感染の予防を目的として、CVC、PICC、血液透析カテーテル、肺動脈カテーテルを日常的に交換しないこと。	カテーテル関連感染を予防するため、CVC、PICC、血液透析カテーテル、肺動脈カテーテルをルーチンに交換しないこと。	

**Guidelines for the Prevention of Intravascular Catheter-Related Infections**

項目	2011版和訳	2002版和訳	相違点の説明
2	発熱のみを根拠にCVCやPICCを抜去しないこと。他の部位で感染が証明された場合や、発熱の原因が感染以外であることが疑われる場合には、カテーテル抜去の是非を臨床的に判断すること。	発熱のみを根拠にCVCやPICCを除去しないこと。他所で感染が証明された場合または感染以外の原因による発熱が疑われた場合、カテーテル抜去の是非については、臨床的な判断を行なうこと。	
3	非トンネルタイプのカテーテルでは、感染を防止する目的で、ガイドワイヤーを用いたカテーテル交換を日常的に行わないこと。	非トンネルタイプのカテーテルでは、感染を防止するため、ガイドワイヤーを用いたカテーテル交換をルーチンに行なわないこと。	
4	感染が疑われる非トンネルタイプのカテーテルを交換する際、ガイドワイヤーを使用しないこと。	カテーテル関連感染の疑いのある患者では、カテーテル交換時にガイドワイヤー手法を用いないこと。	表現の変更
5	機能不全の非トンネルタイプのカテーテルを交換する際には、感染の証拠がない場合、ガイドワイヤーを使用すること。	感染の証拠が存在しない場合、機能不全の非トンネルタイプのカテーテル交換にはガイドワイヤーを用いた交換法を行うこと。	
6	ガイドワイヤーを用いた交換の際には、新しいカテーテルを扱う前に新しい滅菌手袋を着用すること。	ガイドワイヤーを用いた交換法を行なう場合、新しいカテーテルを扱う時点で新しい滅菌手袋に交換すること。	
<b>臍カテーテル</b>			
1	CRBSI、下肢の血管の機能不全あるいは血栓症の徴候が認められた場合には、臍動脈カテーテルを抜去し、交換は行わないこと [145]。	CRBSI、血管の機能不全あるいは血栓症の兆候が認められた場合、臍動脈カテーテルを抜去し、交換は行なわないこと。	「下肢の」が追加
2	CRBSIあるいは血栓症の徴候が認められた場合には、臍静脈カテーテルを抜去し、交換は行わないこと [145]。	CRBSIまたは血栓症の兆候が認められた場合、臍静脈カテーテルを抜去し、交換は行なわないこと。	
3	カテーテルを通して抗菌薬を投与することにより臍カテーテルを温存しようとするに関する勧告はない。	感染の疑いがある臍静脈カテーテルを通じた治療に関しては、勧告を行なうことはできない。	文章全体の変更
4	臍カテーテルを挿入する前には、消毒薬で挿入部位を洗浄すること。新生児の甲状腺に影響を及ぼす恐れがあるため、ヨードチンキを使用しないこと。他のヨウ素含有製品（ポビドンヨード等）は使用してもよい [146-150]。	臍カテーテルを挿入する際は、事前に挿入部位を消毒薬で拭くこと。新生児の場合、甲状腺に影響を及ぼす恐れがあるため、ヨードチンキを使用しないこと。ヨウ素を含む他の製品（ポビドンヨード等）は使用可。	
5	臍カテーテル挿入部位に対する局所的な抗菌薬軟膏またはクリームの使用は、真菌感染および抗菌薬耐性を促進する恐れがあるため行わないこと [88, 89]。	臍カテーテルの挿入部位に局所的な抗生物質の軟膏やクリームを用いると、真菌感染や抗菌薬耐性菌の出現を助長する可能性があるため、使用しないこと。	
6	臍動脈カテーテル経由で注入する輸液製剤には、低濃度のヘパリン（0.25～1.0U/ml）を添加すること [151-153]。	臍動脈カテーテル経由で注入する輸液製剤には、低濃度のヘパリン（0.25-1.0U/ml）を添加すること。	
7	臍カテーテルは、必要でなくなった場合や、下肢血管の機能不全の徴候を認めた場合にはできるだけ早く抜去すること。臍動脈カテーテルの場合、留置期間は5日を超えないことが望ましい [145, 154]。	不要になったとき、または、下肢血管の機能不全の兆候が認められたときは、できるだけ早く臍カテーテルを抜去すること。臍動脈カテーテルの場合、留置期間は5日未満とするのが望ましい。	
8	臍静脈カテーテルは、必要でなくなった場合には可能な限り早期に抜去すること。ただし、無菌管理下であれば最大14日間使用してもよい [155, 156]。	不要になったときは臍静脈カテーテルをできるだけ早く抜去すること。ただし、無菌管理を行なった場合は、最大14日間使用可である。	
9	臍カテーテルに機能不全を認め、抜去すべき他の徴候を認めない場合、臍動脈カテーテルでは留置期間が5日、臍静脈カテーテルでは留置期間が14日を超えていなければ、カテーテルを交換してもよい。	記載なし	新設
<b>成人および小児患者に対する末梢動脈カテーテルと血圧モニタリングデバイス</b>			
1	成人患者の場合、感染リスクを低減させるために、大腿または腋窩動脈よりも、橈骨、上腕または足背動脈を挿入部位とするのが望ましい [46, 47, 157, 158]。	記載なし	新設
2	小児患者の場合、上腕動脈を使用すべきでない。大腿や腋窩動脈より橈骨、足背、後脛骨動脈を挿入部位とするのが望ましい [46]。	記載なし	新設

## Guidelines for the Prevention of Intravascular Catheter-Related Infections

項目	2011版和訳	2002版和訳	相違点の説明
3	末梢動脈カテーテル挿入時には、最低でも帽子、マスク、滅菌手袋、小型の滅菌穴あきドレープを使用すること [47, 158, 159]。	記載なし	新設
4	腋窩動脈カテーテルまたは大腿動脈カテーテル挿入時には、最大滅菌バリアプレコーションを実施すること。	記載なし	新設
5	動脈カテーテルは、臨床的に必要性がある時のみ交換すること。	記載なし	新設
6	動脈カテーテルは、必要でなくなった場合、可能な限り早期に抜去すること。	記載なし	新設
7	再利用可能なタイプではなく、可能な限り使い捨てタイプのトランスデューサーアセンブリーを使用すること [160-164]。	再利用可能なタイプではなく、可能な限り使い捨てタイプのトランスデューサーアセンブリーを使用すること。	
8	カテーテル関連感染予防を目的として、 <b>動脈カテーテル</b> を日常的に交換しないこと [165, 166, 167, 168]。	カテーテル関連感染防止のため、末梢動脈カテーテルを日常的に交換しないこと。	「末梢動脈カテーテル」⇒「動脈カテーテル」へ変更
9	使い捨てまたは再利用可能なトランスデューサーは、96時間間隔で交換すること。血圧モニタリングシステムの他のコンポーネント（連結管、連続フラッシュ器具、フラッシュ溶液を含む）もトランスデューサー交換時に交換すること [37, 161]。	使い捨てトランスデューサーおよび再利用可能なトランスデューサーは、96時間間隔で交換のこと。血圧モニタリングシステムの他のコンポーネント（連結管、連続フラッシュ器具、フラッシュ溶液を含む）もトランスデューサー交換時に交換すること。	
10	血圧モニタリングシステムの全てのコンポーネント（較正用の器具やフラッシュ用の水溶液を含む）を無菌に維持すること [160, 169-171]。	血圧モニタリングシステムの全てのコンポーネント（較正用の器具やフラッシュ用の水溶液を含む）を無菌に維持すること。	
11	血圧モニタリングシステムの操作回数と同回路への進入を最低限に抑えること。血圧モニタリングカテーテルの開通性維持には、開放式のフラッシュシステム（シリンジと活栓を必要とするもの）ではなく、閉鎖式のフラッシュシステム（持続フラッシュシステム）を用いること [163, 172]。	血圧モニタリングシステムの操作回数と同回路への進入を最低限にすること。血圧モニタリングカテーテルの開通性の維持には、開放式のフラッシュシステム（シリンジと活栓を必要とするもの等）ではなく、閉鎖式のフラッシュシステム（持続フラッシュシステム等）を用いること。	
12	活栓ではなく隔壁となる膜経由で血圧モニタリングシステムにアクセスする場合、アクセスに先立ち適正な消毒薬で隔壁となる膜を <b>よく拭く</b> こと [163]。	活栓ではなく隔壁となる膜経由で血圧モニタリングシステムにアクセスする場合、アクセスに先立ち適正な消毒薬で隔壁となる膜を拭くこと。	「wipe：拭く」⇒「scrub：よく拭く」へ変更
13	血圧モニタリング回路を通じてブドウ糖含有溶液や静脈栄養輸液製剤を投与しないこと [163, 173, 174]。	血圧モニタリング回路を通じてブドウ糖含有溶液あるいは、経静脈的投与栄養輸液製剤を投与しないこと。	
14	使い捨てタイプのトランスデューサーを使用できない場合は、メーカーの取扱説明書に従い、再使用可能タイプのトランスデューサーを滅菌すること [163, 173-176]。	使い捨てタイプのトランスデューサーを使用できない場合は、メーカーの指示に従い、再利用可能なタイプのトランスデューサーを滅菌すること。	
<b>輸液セットの交換</b>			
1	血液、血液製剤、脂肪乳剤の投与を行っていない患者の場合は、二次的セットや追加器具を含む連続使用する輸液セットは、96時間以上の間隔を空け [177]、少なくとも7日毎に交換すること [178-181]。	カテーテル関連感染の疑いがある場合もしくは同感染が立証された場合を除き、二次的セットや追加器具を含む輸液セットの交換には最低72時間の間隔を設けること。	文章全体の変更 「最低72時間の間隔を設ける」⇒「96時間以上の間隔を空け、少なくとも7日毎」へ変更
2	断続的に使用された輸液セットの交換頻度に関する勧告はない。	記載なし	新設
3	埋め込み型ポートにアクセスする針の交換頻度に関して勧告はない。	記載なし	新設
4	血液、血液製剤、脂肪乳剤（アミノ酸およびブドウ糖と組み合わせた3種混合タイプのものや単独注入するもの）の投与に使用した輸液ラインは、注入開始から24時間以内に交換すること [182-185]。	血液、血液製剤または脂肪乳剤（アミノ酸やブドウ糖と組み合わせた三種類の混合タイプ（3-in-1輸液製剤）のもの、または単独注入するもの）の投与に使用する輸液ラインは、注入開始から24時間以内に交換する。	

## Guidelines for the Prevention of Intravascular Catheter-Related Infections

項目	2011版和訳	2002版和訳	相違点の説明
5	プロポフォールの注入に使用する輸液ラインは、メーカーの推奨（FDAウェブサイト：Medwatchを参照）に従い、 <b>バイアルを交換する時</b> 、6時間毎または12時間毎に交換のこと [186]。	プロポフォールの注入に使用する輸液ラインは、メーカーの推奨に従い、使用状況に応じて、6時間毎または12時間毎に交換のこと。	「(FDAウェブサイト:Medwatchを参照)」が新たに追加 「使用状況に応じて」⇒「バイアルを交換する時」へ変更
6	<b>埋め込み型ポートにアクセスするための針の使用期間に関する勧告はない。</b>	記載なし	新設
<b>ニードルレス血管内カテーテルシステム</b>			
1	ニードルレス血管内器具の部品の交換は、最低限、輸液セットの交換頻度と同じ頻度で実施のこと。 <b>72時間毎より頻回に交換することのメリットはない</b> [39, 187-193]。	ニードルレス血管内器具の部品の交換は、最低限、輸液セットの交換頻度と同じ頻度で実施のこと。	「72時間毎より頻回に交換することのメリットはない」が新たに追加
2	ニードルレスコネクタは、感染率を低下させる目的で <b>72時間毎よりも頻回に交換しない</b> 、もしくはメーカーの推奨に従って交換すること [187, 189, 192, 193]。	記載なし	新設
3	輸液関連の部品はすべて、システム内の漏出や破損を最小限に抑えられるものであることを確認すること [194]。	システムの全ての部品は、システム内の漏出、破損を最小限に抑えることができるものであること。	
4	適正な消毒薬（クロルヘキシジン、ポビドンヨード、ヨードホルム、 <b>70%アルコール</b> ）でアクセスポートをよく拭き、また滅菌された器具のみを用いてポートにアクセスするよう注意することによって、汚染リスクを最小限とすること [189, 192, 194-196]。	適正な消毒薬でアクセスポートを拭き、滅菌された器具以外のものでアクセスポートにアクセスしないよう注意して汚染リスクを最小限とすること。	適正な消毒薬として「クロルヘキシジン、ポビドンヨード、ヨードホルム、70%アルコール」が新たに追加 「wiping:拭く」⇒「scrubbing:よく拭く」へ変更 カテゴリー IB⇒IAへ変更
5	静脈ラインへのアクセスには <b>ニードルレスシステムを使用すること。</b>	記載なし	新設
6	ニードルレスシステムを使用するときは、いくつかのメカニカルバルブが感染リスクを増大させるため、それらのメカニカルバルブよりも <b>スプリットセプタムの方が望ましい</b> かもしれない [197-200]。	記載なし	新設
<b>パフォーマンス向上対策</b>			
	エビデンスに基づく勧告事項の遵守度を向上させるために、多面的な対策を「バンドル」としてまとめた医療機関独自または連携ベースのパフォーマンス向上対策を講じること [15, 69, 70, 201-205]。	記載なし	新設

【付録2】

# 2011版で削除された項目一覧

Guidelines for the Prevention of Intravascular Catheter-Related Infections 2002		Category
<b>成人及び小児における血管内カテーテルの留置に関する勧告</b>		
<b>II. サーベイランス</b>		
C	カテーテルの挿入と抜去ならびにドレッシング交換の実施担当者、実施日、実施時刻を標準化された書式で記録すること。	II
D	日常的にカテーテル先端の培養を行わないこと。	IA
<b>III. 手の衛生</b>		
B	手袋を使用する場合も、手の衛生手順に従うこと。	IA
<b>IV. カテーテルの挿入、ケア時における無菌操作法</b>		
B	血管内カテーテルの挿入時には、労働安全衛生管理局（OSHA）の血流病原体基準が義務づける、清潔な未滅菌手袋または滅菌手袋を着用すること。	IC
	末梢血管内カテーテルの挿入に際しては、皮膚に消毒薬を使用した後アクセス部分に触れないことを条件に、滅菌手袋に代わって清潔な未滅菌手袋を使用しても差し支えない。ただし、動脈カテーテルおよび中心静脈カテーテルの挿入にあたっては滅菌手袋着用すること。	IA
<b>V. カテーテルの挿入</b>		
	カテーテルの挿入にあたり、動脈切開あるいは静脈切開を日常的に使用しないこと。	IA
<b>VI. カテーテル留置箇所のケア</b>		
<b>A. 皮膚の消毒</b>		
4	カテーテル挿入前、あるいはドレッシング交換時に有機溶剤（アセトン、エーテル等）を使用しないこと。	IA
<b>VII. カテーテル留置部位のドレッシングによる管理</b>		
B	治癒の良好なトンネル型のCVC留置部位については、ドレッシングを要さない。	II
E	成人患者や青年患者の場合は、個々の患者の状況に応じて、最低週に1回の頻度でドレッシング材を交換すること。	II
<b>VIII. 血管内カテーテルの選択と交換</b>		
A	IV治療のタイプと期間を考慮し合併症（感染・非感染）が最小のリスクになるように、カテーテル、挿入手技、挿入部位を選択すること。	IA
C	感染を減らす目的だけのために中心静脈カテーテルや動脈カテーテルを定期的に交換しないこと。	IB
F	感染源の疑いのあるカテーテルの交換時期は臨床診断に基づき決定すること（発熱以外に感染の兆候が見られない患者の場合は、定期的にカテーテルを交換しないこと等）。菌血症あるいは真菌血症が認められてもカテーテルが感染源である可能性がない場合は、患者の血管内カテーテルを定期的に交換しないこと。	II
G	短期CVCで挿入部位に感染の兆候があるか膿巣が認められた場合必ず交換すること。	IB
H	患者が血行動態的に不安定でCRBSIが疑われる場合、全てのCVCを交換すること。	II

Guidelines for the Prevention of Intravascular Catheter-Related Infections 2002		Category
<b>IX 輸液セット、ニードルレスシステムおよび経静脈的投与輸液製剤の交換</b>		
<b>A. 輸液セット</b>		
2	溶液がブドウ糖とアミノ酸以外のものを含んでいない場合、輸液セットの交換間隔は72時間で差し支えない。	II
<b>B. ニードルレス血管内器具</b>		
2	キャップの交換は、最低72時間毎もしくはメーカーの推奨内容に従い実施のこと。	II
<b>C. 経静脈的投与輸液製剤</b>		
1	脂質を含む輸液製剤（3-in-1輸液製剤）の場合は吊り下げ開始から24時間以内に注入を完了のこと。	IB
2	脂肪乳剤単独注入の場合は、吊り下げ開始から12時間以内に注入を完了のこと。量が多いため12時間以内に完了できない場合は、24時間以内に注入を完了のこと。	IB
3	血液または血液製剤を注入する場合は、吊り下げ開始から4時間以内に注入を完了のこと。	II
4	他の経静脈的投与輸液製剤の吊り下げの時間に関して勧告を行うことはできない。	未解決
<b>X. IV注入ポート</b>		
A	輸液システムにアクセスする前に70%アルコールまたはヨードフォアで注入ポートを消毒のこと。	IA
B	使用しないときは全ての活栓にキャップをすること。	IB
<b>XI. IV混合剤の調整と品質管理</b>		
A	所定の経静脈的投与輸液製剤は全て、薬剤部において、無菌操作を用いて、層流フード内で混合のこと。	IB
B	目視で確認できる濁り、漏出、割れ目、粒子状の物質が認められる経静脈的投与輸液製剤の容器、およびメーカー指定の使用期限が切れたパックは使用しないこと。	IB
C	静脈内投与の添加剤又は薬剤には可能な限り1回用量バイアルを使用のこと。	II
D	1回用量バイアルの内容物の残りを混合して使用しないこと。	IA
<b>E. 多用量バイアルを使用する場合</b>		
1	メーカーが推奨している場合は、開封後多用量バイアルを冷蔵のこと。	未解決
2	多用量バイアルに器具を挿入する際は、事前に、バイアルのアクセス膜を70%アルコールで消毒のこと。	IA
3	多用量バイアルにアクセスする際は、滅菌済みの器具を使用し、アクセス膜貫通前に器具が接触汚染しないよう配慮のこと。	IA
4	多用量バイアルの無菌性が損なわれたときは同バイアルを廃棄すること。	IA
<b>XII. インラインフィルター</b>		
	感染予防目的で日常的にフィルターを使用しないこと。	IA
<b>成人患者と小児患者における末梢静脈カテーテル</b>		
<b>III. カテーテルとカテーテル留置部位のケア</b>		
	末梢静脈カテーテル挿入部位に予防的な局所抗菌剤や消毒薬の軟膏/クリームを日常的に使用しないこと。	IA

Guidelines for the Prevention of Intravascular Catheter-Related Infections 2002		Category
<b>成人患者と小児患者における中心静脈カテーテル (PICC、血液透析カテーテル、肺動脈カテーテルを含む)</b>		
<b>I. サーベイランス</b>		
A	CRBSI 発生率の把握、CRBSI 発生率の傾向の監視、感染対策業務のミスを明確にするため、ICU 患者ならびに他の患者についてサーベイランスを行うこと。	IA
B	相当する患者と医療環境の全国データとの比較を容易に行えるよう、成人患者と小児患者の ICU データを、1000 カテーテル挿入日あたりのカテーテル関連 BSI 件数で表すとともに、新生児 ICU については出生体重別に階層化すること。	IB
C	予期しない生命にかかわる結果、または致命的な結果を引き起こした出来事を調査すること。これには、その再発が有害な結果を生ずると思われるいかなる過程変化を含む。	IC
<b>II. 一般事項</b>		
C	小児における薬剤含浸済みのカテーテルの使用に関して勧告はない。	未解決
D	カテーテル挿入を行う医療従事者の実習指導には、カテーテルの挿入に関するトレーニングを受け、同挿入に有能な医療従事者を指名すること。	IA
E	長期的かつ断続的な血管アクセスを必要とする患者には、完全埋め込みタイプのアクセス器具を用いること。頻繁かつ連続的なアクセスを必要とする患者には PICC もしくはトンネル型の CVC が望ましい。	II
F	一時的アクセスの期間が延長される（3週間以上等）ことが予想される場合、透析にはカフ付きの CVC を用いること。	IB
H	採血や血液透析以外の目的に血液透析カテーテルを使用しないこと（透析時または緊急時を除く）。	II
<b>VI. カテーテルとカテーテル留置部位のケア</b>		
A	一般的事項 経静脈的投与栄養輸液製剤の投与にマルチルーメンのカテーテルを使用する場合は、高カロリー輸液専用のポートを1つ設定すること。	II
<b>成人患者と小児患者における末梢動脈カテーテルと血圧モニタリング器具に関する追加勧告</b>		
<b>III. 血圧モニタリングシステムのケア</b>		
<b>B. 血圧モニタリングシステムの滅菌ならび消毒</b>		
1	使い捨てタイプのトランスデューサーを使用すること。	IB
<b>臍カテーテルに関する勧告</b>		
<b>I. カテーテルの交換</b>		
D	臍静脈カテーテルは、同カテーテルに機能不全があった場合に限り交換すること。	II

**【原文】**

**2011 Guidelines  
for the Prevention of Intravascular  
Catheter-Related Infections**

【原文】

# 2011 Guidelines for the Prevention of Intravascular Catheter-Related Infections

## NOTICE TO READERS:

In 2009, the Centers for Disease Control and Prevention (CDC) and Healthcare Infection Control Practices Advisory Committee (HICPAC) integrated current advances in guideline production and implementation into its development process (<http://www.cdc.gov/hicpac/guidelineMethod/guidelineMethod.html>). The new methodology enables CDC and HICPAC to improve the validity and usability of its guidelines while also addressing emerging challenges in guideline development in the area of infection prevention and control. However, the Guidelines for the Prevention of Intravascular Catheter-Related Infections were initiated before the methodology was revised. Therefore, this guideline reflects the development methods that were used for guidelines produced prior to 2009. Future revisions will be performed using the updated methodology.

These guidelines have been developed for healthcare personnel who insert intravascular catheters and for persons responsible for surveillance and control of infections in hospital, outpatient, and home healthcare settings. This report was prepared by a working group comprising members from professional organizations representing the disciplines of critical care medicine, infectious diseases, healthcare infection control, surgery, anesthesiology, interventional radiology, pulmonary medicine, pediatric medicine, and nursing. The working group was led by the Society of Critical Care Medicine (SCCM), in collaboration with the Infectious Diseases Society of America (IDSA), Society for Healthcare Epidemiology of America (SHEA), Surgical Infection Society (SIS), American College of Chest Physicians (ACCP), American Thoracic Society (ATS), American Society of Critical Care Anesthesiologists (ASCCA), Association for Professionals in Infection Control and Epidemiology (APIC), Infusion Nurses Society (INS), Oncology Nursing Society (ONS), American Society for Parenteral and Enteral Nutrition (ASPEN), Society of Interventional Radiology (SIR), American Academy of Pediatrics (AAP), Pediatric Infectious Diseases Society (PIDS), and the Healthcare Infection Control Practices Advisory Committee (HICPAC) of the Centers for Disease Control and Prevention (CDC) and is intended to replace the Guideline for Prevention of Intravascular Catheter-Related Infections published in 2002. These guidelines are intended to provide evidence-based recommendations for preventing intravascular catheter-related infections. Major areas of emphasis include 1) educating and training healthcare personnel who insert and maintain catheters; 2) using maximal sterile barrier precautions during central venous catheter insertion; 3) using a > 0.5% chlorhexidine skin preparation with alcohol for antisepsis; 4) avoiding routine replacement of central venous catheters as a strategy to prevent infection; and 5) using antiseptic/antibiotic impregnated short-term central venous catheters and chlorhexidine impregnated sponge dressings if the rate of infection is not decreasing despite adherence to other strategies (i.e., education and training, maximal sterile barrier precautions, and >0.5% chlorhexidine preparations with alcohol for skin antisepsis). These guidelines also emphasize performance improvement by implementing bundled strategies, and documenting and reporting rates of compliance with all components of the bundle as benchmarks for quality assurance and performance improvement.

As in previous guidelines issued by CDC and HICPAC, each recommendation is categorized on the basis of existing scientific data, theoretical rationale, applicability, and economic impact. The system for categorizing recommendations in this guideline is as follows:

Category IA. Strongly recommended for implementation and strongly supported by well-designed experimental, clinical, or epidemiologic studies.

Category IB. Strongly recommended for implementation and supported by some experimental, clinical, or epidemiologic studies and a strong theoretical rationale; or an accepted practice (e.g., aseptic technique) supported by limited evidence.

Category IC. Required by state or federal regulations, rules, or standards.

Category II. Suggested for implementation and supported by suggestive clinical or epidemiologic studies or a theoretical rationale.

Unresolved issue. Represents an unresolved issue for which evidence is insufficient or no consensus regarding efficacy exists.

## Introduction

In the United States, 15 million central vascular catheter (CVC) days (i.e., the total number of days of exposure to CVCs among all patients in the selected population during the selected time period) occur in intensive care units (ICUs) each year [1]. Studies have variously addressed catheter-related bloodstream infections (CRBSI). These infections independently increase hospital costs and length of stay [2-5], but have not generally been shown to independently increase mortality. While 80,000 CRBSIs occur in ICUs each year [1], a total of 250,000 cases of BSIs have been estimated to occur annually, if entire hospitals are assessed [6]. By several analyses, the cost of these infections is substantial, both in terms of morbidity and financial resources expended. To improve patient outcome and to reduce healthcare costs, there is considerable interest by healthcare providers, insurers, regulators, and patient advocates in reducing the incidence of these infections. This effort should be multidisciplinary, involving healthcare professionals who order the insertion and removal of CVCs, those personnel who insert and maintain intravascular catheters, infection control personnel, healthcare managers including the chief executive officer (CEO) and those who allocate resources, and patients who are capable of assisting in the care of their catheters.

The goal of an effective prevention program should be the elimination of CRBSI from all patient-care areas. Although this is challenging, programs have demonstrated success, but sustained elimination requires continued effort. The goal of the measures discussed in this document is to reduce the rate to as low as feasible given the specific patient population being served, the universal presence of microorganisms in the human environment, and the limitations of current strategies and technologies.

## Summary of Recommendations

### Education, Training and Staffing

1. Educate healthcare personnel regarding the indications for intravascular catheter use, proper procedures for the insertion and maintenance of intravascular catheters, and appropriate infection control measures to prevent intravascular catheter-related infections [7–15]. Category IA
2. Periodically assess knowledge of and adherence to guidelines for all personnel involved in the insertion and maintenance of intravascular catheters [7–15]. Category IA
3. Designate only trained personnel who demonstrate competence for the insertion and maintenance of peripheral and central intravascular catheters. [14–28]. Category IA
4. Ensure appropriate nursing staff levels in ICUs. Observational studies suggest that a higher proportion of “pool nurses” or an elevated patient-to-nurse ratio is associated with CRBSI in ICUs where nurses are managing patients with CVCs [29–31]. Category IB

## Selection of Catheters and Sites

### Peripheral Catheters and Midline Catheters

1. In adults, use an upper-extremity site for catheter insertion. Replace a catheter inserted in a lower extremity site to an upper extremity site as soon as possible. Category II
2. In pediatric patients, the upper or lower extremities or the scalp (in neonates or young infants) can be used as the catheter insertion site [32, 33]. Category II
3. Select catheters on the basis of the intended purpose and duration of use, known infectious and non-infectious complications (e.g., phlebitis and infiltration), and experience of individual catheter operators [33–35]. Category IB
4. Avoid the use of steel needles for the administration of fluids and medication that might cause tissue necrosis if extravasation occurs [33, 34]. Category IA
5. Use a midline catheter or peripherally inserted central catheter (PICC), instead of a short peripheral catheter, when the duration of IV therapy will likely exceed six days. Category II
6. Evaluate the catheter insertion site daily by palpation through the dressing to discern tenderness and by inspection if a transparent dressing is in use. Gauze and opaque dressings should not be removed if the patient has no clinical signs of infection. If the patient has local tenderness or other signs of possible CRBSI, an opaque dressing should be removed and the site inspected visually. Category II
7. Remove peripheral venous catheters if the patients develops signs of phlebitis (warmth, tenderness, erythema or palpable venous cord), infection, or a malfunctioning catheter [36]. Category IB

### Central Venous Catheters

1. Weigh the risks and benefits of placing a central venous device at a recommended site to reduce infectious complications against the risk for mechanical complications (e.g., pneumothorax, subclavian artery puncture, subclavian vein laceration, subclavian vein stenosis, hemothorax, thrombosis, air embolism, and catheter misplacement) [37–53]. Category IA

2. Avoid using the femoral vein for central venous access in adult patients [38, 50, 51, 54]. Category IA
3. Use a subclavian site, rather than a jugular or a femoral site, in adult patients to minimize infection risk for nontunneled CVC placement [50–52]. Category IB
4. No recommendation can be made for a preferred site of insertion to minimize infection risk for a tunneled CVC. Unresolved issue
5. Avoid the subclavian site in hemodialysis patients and patients with advanced kidney disease, to avoid subclavian vein stenosis [53,55–58]. Category IA
6. Use a fistula or graft in patients with chronic renal failure instead of a CVC for permanent access for dialysis [59]. Category IA
7. Use ultrasound guidance to place central venous catheters (if this technology is available) to reduce the number of cannulation attempts and mechanical complications. Ultrasound guidance should only be used by those fully trained in its technique. [60–64]. Category IB
8. Use a CVC with the minimum number of ports or lumens essential for the management of the patient [65–68]. Category IB
9. No recommendation can be made regarding the use of a designated lumen for parenteral nutrition. Unresolved issue
10. Promptly remove any intravascular catheter that is no longer essential [69–72]. Category IA
11. When adherence to aseptic technique cannot be ensured (i.e catheters inserted during a medical emergency), replace the catheter as soon as possible, i.e, within 48 hours [37,73–76]. Category IB

### Hand Hygiene and Aseptic Technique

1. Perform hand hygiene procedures, either by washing hands with conventional soap and water or with alcohol-based hand rubs (ABHR). Hand hygiene should be performed before and after palpating catheter insertion sites as well as before and after inserting, replacing, accessing, repairing, or dressing an intravascular catheter. Palpation of the insertion site should not be performed after the application of antiseptic, unless aseptic technique is maintained [12, 77–79]. Category IB
2. Maintain aseptic technique for the insertion and care of intravascular catheters [37, 73, 74, 76]. Category IB
3. Wear clean gloves, rather than sterile gloves, for the insertion of peripheral intravascular catheters, if the access site is not touched after the application of skin antiseptics. Category IC
4. Sterile gloves should be worn for the insertion of arterial, central, and midline catheters [37, 73, 74, 76]. Category IA
5. Use new sterile gloves before handling the new catheter when guidewire exchanges are performed. Category II
6. Wear either clean or sterile gloves when changing the dressing on intravascular catheters. Category IC

### Maximal Sterile Barrier Precautions

1. Use maximal sterile barrier precautions, including the use of a cap, mask, sterile gown, sterile gloves, and a sterile full body drape, for the insertion of CVCs, PICCs, or guidewire exchange [14, 75, 76, 80]. Category IB
2. Use a sterile sleeve to protect pulmonary artery catheters during insertion [81]. Category IB

### Skin Preparation

1. Prepare clean skin with an antiseptic (70% alcohol, tincture of iodine, or alcoholic chlorhexidine gluconate solution) before peripheral venous catheter insertion [82]. Category IB
2. Prepare clean skin with a >0.5% chlorhexidine preparation with alcohol before central venous catheter and peripheral arterial catheter insertion and during dressing changes. If there is a contraindication to chlorhexidine, tincture of iodine, an iodophor, or 70% alcohol can be used as alternatives [82, 83]. Category IA
3. No comparison has been made between using chlorhexidine preparations with alcohol and povidone-iodine in alcohol to prepare clean skin. Unresolved issue.
4. No recommendation can be made for the safety or efficacy of chlorhexidine in infants aged <2 months. Unresolved issue
5. Antiseptics should be allowed to dry according to the manufacturer's recommendation prior to placing the catheter [82, 83]. Category IB

### Catheter Site Dressing Regimens

1. Use either sterile gauze or sterile, transparent, semipermeable dressing to cover the catheter site [84–87]. Category IA

2. If the patient is diaphoretic or if the site is bleeding or oozing, use a gauze dressing until this is resolved [84–87]. Category II
3. Replace catheter site dressing if the dressing becomes damp, loosened, or visibly soiled [84, 85]. Category IB
4. Do not use topical antibiotic ointment or creams on insertion sites, except for dialysis catheters, because of their potential to promote fungal infections and antimicrobial resistance [88, 89]. Category IB
5. Do not submerge the catheter or catheter site in water. Showering should be permitted if precautions can be taken to reduce the likelihood of introducing organisms into the catheter (e.g., if the catheter and connecting device are protected with an impermeable cover during the shower) [90–92]. Category IB
6. Replace dressings used on short-term CVC sites every 2 days for gauze dressings. Category II
7. Replace dressings used on short-term CVC sites at least every 7 days for transparent dressings, except in those pediatric patients in which the risk for dislodging the catheter may outweigh the benefit of changing the dressing [87, 93]. Category IB
8. Replace transparent dressings used on tunneled or implanted CVC sites no more than once per week (unless the dressing is soiled or loose), until the insertion site has healed. Category II
9. No recommendation can be made regarding the necessity for any dressing on well-healed exit sites of long-term cuffed and tunneled CVCs. Unresolved issue
10. Ensure that catheter site care is compatible with the catheter material [94, 95]. Category IB
11. Use a sterile sleeve for all pulmonary artery catheters [81]. Category IB
12. Use a chlorhexidine-impregnated sponge dressing for temporary short-term catheters in patients older than 2 months of age if the CLABSI rate is not decreasing despite adherence to basic prevention measures, including education and training, appropriate use of chlorhexidine for skin antisepsis, and MSB [93, 96–98]. Category IB
13. No recommendation is made for other types of chlorhexidine dressings. Unresolved issue
14. Monitor the catheter sites visually when changing the dressing or by palpation through an intact dressing on a regular basis, depending on the clinical situation of the individual patient. If patients have tenderness at the insertion site, fever without obvious source, or other manifestations suggesting local or bloodstream infection, the dressing should be removed to allow thorough examination of the site [99–101]. Category IB
15. Encourage patients to report any changes in their catheter site or any new discomfort to their provider. Category II

### **Patient Cleansing**

Use a 2% chlorhexidine wash for daily skin cleansing to reduce CRBSI [102–104]. Category II

### **Catheter Securement Devices**

Use a sutureless securement device to reduce the risk of infection for intravascular catheters [105]. Category II

### **Antimicrobial/Antiseptic Impregnated Catheters and Cuffs**

Use a chlorhexidine/silver sulfadiazine or minocycline/rifampin -impregnated CVC in patients whose catheter is expected to remain in place >5 days if, after successful implementation of a comprehensive strategy to reduce rates of CLABSI, the CLABSI rate is not decreasing. The comprehensive strategy should include at least the following three components: educating persons who insert and maintain catheters, use of maximal sterile barrier precautions, and a >0.5% chlorhexidine preparation with alcohol for skin antisepsis during CVC insertion [106–113]. Category IA

### **Systemic Antibiotic Prophylaxis**

Do not administer systemic antimicrobial prophylaxis routinely before insertion or during use of an intravascular catheter to prevent catheter colonization or CRBSI [114]. Category IB

### **Antibiotic/Antiseptic Ointments**

Use povidone iodine antiseptic ointment or bacitracin/gramicidin/ polymyxin B ointment at the hemodialysis catheter exit site after catheter insertion and at the end of each dialysis session only if this ointment does not interact with the material of the hemodialysis catheter per manufacturer's recommendation [59, 115–119]. Category IB

## Antibiotic Lock Prophylaxis, Antimicrobial Catheter Flush and Catheter Lock Prophylaxis

Use prophylactic antimicrobial lock solution in patients with long term catheters who have a history of multiple CRBSI despite optimal maximal adherence to aseptic technique [120–138]. Category II

## Anticoagulants

Do not routinely use anticoagulant therapy to reduce the risk of catheter-related infection in general patient populations [139]. Category II

## Replacement of Peripheral and Midline Catheters

1. There is no need to replace peripheral catheters more frequently than every 72-96 hours to reduce risk of infection and phlebitis in adults [36, 140, 141]. Category IB
2. No recommendation is made regarding replacement of peripheral catheters in adults only when clinically indicated [142–144]. Unresolved issue
3. Replace peripheral catheters in children only when clinically indicated [32, 33]. Category IB
4. Replace midline catheters only when there is a specific indication. Category II

## Replacement of CVCs, Including PICCs and Hemodialysis Catheters

1. Do not routinely replace CVCs, PICCs, hemodialysis catheters, or pulmonary artery catheters to prevent catheter-related infections. Category IB
2. Do not remove CVCs or PICCs on the basis of fever alone. Use clinical judgment regarding the appropriateness of removing the catheter if infection is evidenced elsewhere or if a noninfectious cause of fever is suspected. Category II
3. Do not use guidewire exchanges routinely for non-tunneled catheters to prevent infection. Category IB
4. Do not use guidewire exchanges to replace a non-tunneled catheter suspected of infection. Category IB
5. Use a guidewire exchange to replace a malfunctioning non-tunneled catheter if no evidence of infection is present. Category IB
6. Use new sterile gloves before handling the new catheter when guidewire exchanges are performed. Category II

## Umbilical Catheters

1. Remove and do not replace umbilical artery catheters if any signs of CRBSI, vascular insufficiency in the lower extremities, or thrombosis are present [145]. Category II
2. Remove and do not replace umbilical venous catheters if any signs of CRBSI or thrombosis are present [145]. Category II
3. No recommendation can be made regarding attempts to salvage an umbilical catheter by administering antibiotic treatment through the catheter. Unresolved issue
4. Cleanse the umbilical insertion site with an antiseptic before catheter insertion. Avoid tincture of iodine because of the potential effect on the neonatal thyroid. Other iodine-containing products (e.g., povidone iodine) can be used [146– 150]. Category IB
5. Do not use topical antibiotic ointment or creams on umbilical catheter insertion sites because of the potential to promote fungal infections and antimicrobial resistance [88, 89]. Category IA
6. Add low-doses of heparin (0.25—1.0 U/ml) to the fluid infused through umbilical arterial catheters [151–153]. Category IB
7. Remove umbilical catheters as soon as possible when no longer needed or when any sign of vascular insufficiency to the lower extremities is observed. Optimally, umbilical artery catheters should not be left in place >5 days [145, 154]. Category II
8. Umbilical venous catheters should be removed as soon as possible when no longer needed, but can be used up to 14 days if managed aseptically [155, 156]. Category II
9. An umbilical catheter may be replaced if it is malfunctioning, and there is no other indication for catheter removal, and the total duration of catheterization has not exceeded 5 days for an umbilical artery catheter or 14 days for an umbilical vein catheter. Category II

## Peripheral Arterial Catheters and Pressure Monitoring Devices for Adult and Pediatric Patients

1. In adults, use of the radial, brachial or dorsalis pedis sites is preferred over the femoral or axillary sites of insertion to reduce

the risk of infection [46, 47, 157, 158]. Category IB

2. In children, the brachial site should not be used. The radial, dorsalis pedis, and posterior tibial sites are preferred over the femoral or axillary sites of insertion [46]. Category II
3. A minimum of a cap, mask, sterile gloves and a small sterile fenestrated drape should be used during peripheral arterial catheter insertion [47, 158, 159]. Category IB
4. During axillary or femoral artery catheter insertion, maximal sterile barriers precautions should be used. Category II
5. Replace arterial catheters only when there is a clinical indication. Category II
6. Remove the arterial catheter as soon as it is no longer needed. Category II
7. Use disposable, rather than reusable, transducer assemblies when possible [160–164]. Category IB
8. Do not routinely replace arterial catheters to prevent catheter-related infections [165, 166, 167, 168]. Category II
9. Replace disposable or reusable transducers at 96-hour intervals. Replace other components of the system (including the tubing, continuous-flush device, and flush solution) at the time the transducer is replaced [37, 161]. Category IB
10. Keep all components of the pressure monitoring system (including calibration devices and flush solution) sterile [160, 169–171]. Category IA
11. Minimize the number of manipulations of and entries into the pressure monitoring system. Use a closed flush system (i.e., continuous flush), rather than an open system (i.e., one that requires a syringe and stopcock), to maintain the patency of the pressure monitoring catheters [163, 172]. Category II
12. When the pressure monitoring system is accessed through a diaphragm, rather than a stopcock, scrub the diaphragm with an appropriate antiseptic before accessing the system [163]. Category IA
13. Do not administer dextrose-containing solutions or parenteral nutrition fluids through the pressure monitoring circuit [163, 173, 174]. Category IA
14. Sterilize reusable transducers according to the manufacturers' instructions if the use of disposable transducers is not feasible [163, 173–176]. Category IA

### **Replacement of Administration Sets**

1. In patients not receiving blood, blood products or fat emulsions, replace administration sets that are continuously used, including secondary sets and add-on devices, no more frequently than at 96-hour intervals, [177] but at least every 7 days [178–181]. Category IA
2. No recommendation can be made regarding the frequency for replacing intermittently used administration sets. Unresolved issue
3. No recommendation can be made regarding the frequency for replacing needles to access implantable ports. Unresolved issue
4. Replace tubing used to administer blood, blood products, or fat emulsions (those combined with amino acids and glucose in a 3-in-1 admixture or infused separately) within 24 hours of initiating the infusion [182–185]. Category IB
5. Replace tubing used to administer propofol infusions every 6 or 12 hours, when the vial is changed, per the manufacturer's recommendation (FDA website Medwatch) [186]. Category IA
6. No recommendation can be made regarding the length of time a needle used to access implanted ports can remain in place. Unresolved issue

### **Needleless Intravascular Catheter Systems**

1. Change the needleless components at least as frequently as the administration set. There is no benefit to changing these more frequently than every 72 hours. [39, 187–193]. Category II
2. Change needleless connectors no more frequently than every 72 hours or according to manufacturers' recommendations for the purpose of reducing infection rates [187, 189, 192, 193]. Category II
3. Ensure that all components of the system are compatible to minimize leaks and breaks in the system [194]. Category II
4. Minimize contamination risk by scrubbing the access port with an appropriate antiseptic (chlorhexidine, povidone iodine, an iodophor, or 70% alcohol) and accessing the port only with sterile devices [189, 192, 194–196]. Category IA
5. Use a needleless system to access IV tubing. Category IC
6. When needleless systems are used, a split septum valve may be preferred over some mechanical valves due to increased risk of infection with the mechanical valves [197–200]. Category II

## Performance Improvement

Use hospital-specific or collaborative-based performance improvement initiatives in which multifaceted strategies are “bundled” together to improve compliance with evidence-based recommended practices [15, 69, 70, 201–205]. Category IB

## Background Information

### Terminology and Estimates of Risk

The terminology used to identify different types of catheters is confusing, because many clinicians and researchers use different aspects of the catheter for informal reference. A catheter can be designated by the type of vessel it occupies (e.g., peripheral venous, central venous, or arterial); its intended life span (e.g., temporary or short-term versus permanent or long-term); its site of insertion (e.g., subclavian, femoral, internal jugular, peripheral, and peripherally inserted central catheter [PICC]); its pathway from skin to vessel (e.g., tunneled versus nontunneled); its physical length (e.g., long versus short); or some special characteristic of the catheter (e.g., presence or absence of a cuff, impregnation with heparin, antibiotics or antiseptics, and the number of lumens). To accurately define a specific type of catheter, all of these aspects should be described (Table 1).

Likewise the terms used to describe intravascular catheter-related infections can also be confusing because catheter-related bloodstream infection (CRBSI) and central line–associated bloodstream infection (CLABSI) are often used interchangeably even though the meanings differ.

CRBSI is a clinical definition, used when diagnosing and treating patients, that requires specific laboratory testing that more thoroughly identifies the catheter as the source of the BSI. It is not typically used for surveillance purposes. It is often problematic to precisely establish if a BSI is a CRBSI due to the clinical needs of the patient (the catheter is not always pulled), limited availability of microbiologic methods (many labs do not use quantitative blood cultures or differential time to positivity), and procedural compliance by direct care personnel (labeling must be accurate). Simpler definitions are often used for surveillance purposes. For example, CLABSI is a term used by CDC’s National Healthcare Safety Network (NHSN) (visit NHSN CLABSI information) [206]. A CLABSI is a primary BSI in a patient that had a central line within the 48-hour period before the development of the BSI and is not bloodstream related to an infection at another site. However, since some BSIs are secondary to other sources other than the central line (e.g., pancreatitis, mucositis) that may not be easily recognized, the CLABSI surveillance definition may overestimate the true incidence of CRBSI.

**Table 1. Catheters used for venous and arterial access.**

Catheter type	Entry Site	Length	Comments
Peripheral venous catheters	Usually inserted in veins of forearm or hand	<3 inches	Phlebitis with prolonged use; rarely associated with bloodstream infection
Peripheral arterial catheters	Usually inserted in radial artery; can be placed in femoral, axillary, brachial, posterior tibial arteries	<3 inches	Low infection risk; rarely associated with bloodstream infection
Midline catheters	Inserted via the antecubital fossa into the proximal basilic or cephalic veins; does not enter central veins, peripheral catheters	3 to 8 inches	Anaphylactoid reactions have been reported with catheters made of elastomeric hydrogel; lower rates of phlebitis than short peripheral catheters
Nontunneled central venous catheters	Percutaneously inserted into central veins (subclavian, internal jugular, or femoral)	≥8 cm depending on patient size	Account for majority of CRBSI
Pulmonary artery catheters	Inserted through a Teflon® introducer in a central vein (subclavian, internal jugular, or femoral)	≥30 cm depending on patient size	Usually heparin bonded; similar rates of bloodstream infection as CVCs; subclavian site preferred to reduce infection risk
Peripherally inserted central venous catheters (PICC)	Inserted into basilic, cephalic, or brachial veins and enter the superior vena cava	≥20 cm depending on patient size	Lower rate of infection than nontunneled CVCs
Tunneled central venous catheters	Implanted into subclavian, internal jugular, or femoral veins	≥8 cm depending on patient size	Cuff inhibits migration of organisms into catheter tract; lower rate of infection than nontunneled CVC
Totally implantable	Tunneled beneath skin and have subcutaneous port accessed with a needle; implanted in subclavian or internal jugular vein	≥8 cm depending on patient size	Lowest risk for CRBSI; improved patient self-image; no need for local catheter-site care; surgery required for catheter removal
Umbilical catheters	Inserted into either umbilical vein or umbilical artery	≤6 cm depending on patient size	Risk for CRBSI similar with catheters placed in umbilical vein versus artery

## Epidemiology and Microbiology in Adult and Pediatric Patients

National estimates of CLABSI rates are available through CDC's NHSN, a surveillance system for healthcare-associated infections, and are available on CDC's website. A recent report highlights data from 1,545 hospitals in 48 States and the District of Columbia that monitor infections in one or more ICUs and/or non-ICUs (e.g., patient care areas, wards) [207]. Because BSI rates are influenced by patient-related factors, such as severity of illness and type of illness (e.g., third-degree burns versus post-cardiac surgery), by catheter-related factors, (such as the condition under which the catheter was placed and catheter type), and by institutional factors (e.g., bed-size, academic affiliation), these aggregate, risk-adjusted rates can be used as benchmarks against which hospitals can make intra-and inter-facility comparisons.

The most commonly reported causative pathogens remain coagulase-negative staphylococci, *Staphylococcus aureus*, enterococci, and *Candida* spp [208]. Gram negative bacilli accounted for 19% and 21% of CLABSIs reported to CDC [209] and the Surveillance and Control of Pathogens of Epidemiological Importance (SCOPE) database, respectively [208].

For all common pathogens causing CLABSIs, antimicrobial resistance is a problem, particularly in ICUs. Although methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA) now account for more than 50% of all *Staphylococcus aureus* isolates obtained in ICUs, the incidence of MRSA CLABSIs has decreased in recent years, perhaps as a result of prevention efforts [210]. For gram negative rods, antimicrobial resistance to third generation cephalosporins among *Klebsiella pneumoniae* and *E. coli* has increased significantly as has imipenem and ceftazidime resistance among *Pseudomonas aeruginosa* [209]. *Candida* spp. are increasingly noted to be fluconazole resistant.

## Pathogenesis

There are four recognized routes for contamination of catheters: 1) migration of skin organisms at the insertion site into the cutaneous catheter tract and along the surface of the catheter with colonization of the catheter tip; this is the most common route of infection for short-term catheters [37, 211, 212]; 2) direct contamination of the catheter or catheter hub by contact with hands or contaminated fluids or devices [213, 214]; 3) less commonly, catheters might become hematogenously seeded from another focus of infection [215]; and 4) rarely, infusate contamination might lead to CRBSI [216].

Important pathogenic determinants of CRBSI are 1) the material of which the device is made; 2) the host factors consisting of protein adhesions, such as fibrin and fibronectin, that form a sheath around the catheter [217]; and 3) the intrinsic virulence factors of the infecting organism, including the extracellular polymeric substance (EPS) produced by the adherent organisms [218]. Some catheter materials also have surface irregularities that enhance the microbial adherence of certain species (e.g., *S. epidermidis* and *C. albicans*) [219, 220]. Catheters made of these materials are especially vulnerable to microbial colonization and subsequent infection. Due to the formation of the fibrin sheath, silastic catheters are associated with higher risk of catheter infections than polyurethane catheters [217]. On the other hand, biofilm formation by *C. albicans* occurs more readily on silicone elastomer catheter surfaces than polyurethane catheters [219]. Modification of the biomaterial surface properties has been shown to influence the ability of *C. albicans* to form biofilm [220]. Additionally, certain catheter materials are more thrombogenic than others, a characteristic that also might predispose to catheter colonization and infection [221, 222]. This association has led to emphasis on preventing catheter-related thrombus as an additional mechanism for reducing CRBSI [223, 224].

The adherence properties of a given microorganism in relationship to host factors are also important in the pathogenesis of CRBSI. For example, *S. aureus* can adhere to host proteins (e.g., fibrinogen, fibronectin) commonly present on catheters by expressing clumping factors (ClfA and ClfB) that bind to the protein adhesins [217, 222, 225, 226]. Furthermore, adherence is enhanced through the production by microbial organisms, such as coagulase negative staphylococci [227, 228], *S. aureus* [229], *Pseudomonas aeruginosa* [230], and *Candida* species [231] of an extracellular polymeric substance (EPS) consisting mostly of an exopolysaccharide that forms a microbial biofilm layer [218, 232]. This biofilm matrix is enriched by divalent metallic cations, such as calcium, magnesium and iron, which make it a solid enclave in which microbial organisms can embed themselves [233–235]. Such a biofilm potentiates the pathogenicity of various microbes by allowing them to withstand host defense mechanisms (e.g., acting as a barrier to engulfment and killing by polymorphonuclear leukocytes) or by making them less susceptible to antimicrobial agents (e.g., forming a matrix that binds antimicrobials before their contact with the organism cell wall or providing for a population of metabolically quiescent, antimicrobial tolerant "persister" cells) [228, 236, 237]. Some *Candida* spp., in the presence of dextrose-containing fluids, produce slime similar to that of their bacterial counterparts, potentially explaining the increased proportion of BSIs caused by fungal pathogens among patients receiving parenteral nutrition fluids [238].

## Strategies for Prevention of Catheter-Related Infections in Adult and Pediatric Patients

### Education, Training and Staffing

#### Recommendations

1. Educate healthcare personnel regarding the indications for intravascular catheter use, proper procedures for the insertion and maintenance of intravascular catheters, and appropriate infection control measures to prevent intravascular catheter-related infections [7–15]. Category IA
2. Periodically assess knowledge of and adherence to guidelines for all personnel involved in the insertion and maintenance of intravascular catheters [7–15]. Category IA

3. Designate only trained personnel who demonstrate competence for the insertion and maintenance of peripheral and central intravascular catheters. [14–28]. Category IA
4. Ensure appropriate nursing staff levels in ICUs. Observational studies suggest that a higher proportion of “pool nurses” or an elevated patient–to-nurse ratio is associated with CRBSI in ICUs where nurses are managing patients with CVCs [29–31]. Category IB

## Background

Well-organized programs that enable healthcare providers to become educated and to provide, monitor, and evaluate care are critical to the success of this effort. Reports spanning the past four decades have consistently demonstrated that risk for infection declines following standardization of aseptic care [7, 12, 14, 15, 239–241] and that insertion and maintenance of intravascular catheters by inexperienced staff might increase the risk for catheter colonization and CRBSI [15, 242]. Specialized “IV teams” have shown unequivocal effectiveness in reducing the incidence of CRBSI, associated complications, and costs [16–26]. Additionally, infection risk increases with nursing staff reductions below a critical level [30].

## Selection of Catheters and Sites

### Peripheral and Midline Catheter Recommendations

1. In adults, use an upper-extremity site for catheter insertion. Replace a catheter inserted in a lower extremity site to an upper extremity site as soon as possible. Category II
2. In pediatric patients, the upper or lower extremities or the scalp (in neonates or young infants) can be used as the catheter insertion site [32, 33]. Category II
3. Select catheters on the basis of the intended purpose and duration of use, known infectious and non-infectious complications (e.g., phlebitis and infiltration), and experience of individual catheter operators [33–35]. Category IB
4. Avoid the use of steel needles for the administration of fluids and medication that might cause tissue necrosis if extravasation occurs [33, 34]. Category IA
5. Use a midline catheter or peripherally inserted central catheter (PICC), instead of a short peripheral catheter, when the duration of IV therapy will likely exceed six days. Category II
6. Evaluate the catheter insertion site daily by palpation through the dressing to discern tenderness and by inspection if a transparent dressing is in use. Gauze and opaque dressings should not be removed if the patient has no clinical signs of infection. If the patient has local tenderness or other signs of possible CRBSI, an opaque dressing should be removed and the site inspected visually. Category II
7. Remove peripheral venous catheters if the patients develops signs of phlebitis (warmth, tenderness, erythema or palpable venous cord), infection, or a malfunctioning catheter [36]. Category IB

### Central Venous Catheters Recommendations

1. Weigh the risks and benefits of placing a central venous device at a recommended site to reduce infectious complications against the risk for mechanical complications (e.g., pneumothorax, subclavian artery puncture, subclavian vein laceration, subclavian vein stenosis, hemothorax, thrombosis, air embolism, and catheter misplacement) [37–53]. Category IA
2. Avoid using the femoral vein for central venous access in adult patients [38, 50, 51, 54]. Category IA
3. Use a subclavian site, rather than a jugular or a femoral site, in adult patients to minimize infection risk for nontunneled CVC placement [50–52]. Category IB
4. No recommendation can be made for a preferred site of insertion to minimize infection risk for a tunneled CVC. Unresolved issue
5. Avoid the subclavian site in hemodialysis patients and patients with advanced kidney disease, to avoid subclavian vein stenosis [53, 55–58]. Category IA
6. Use a fistula or graft in patients with chronic renal failure instead of a CVC for permanent access for dialysis [59]. Category IA
7. Use ultrasound guidance to place central venous catheters (if this technology is available) to reduce the number of cannulation attempts and mechanical complications. Ultrasound guidance should only be used by those fully trained in its technique. [60–64]. Category IB
8. Use a CVC with the minimum number of ports or lumens essential for the management of the patient [65–68]. Category IB
9. No recommendation can be made regarding the use of a designated lumen for parenteral nutrition. Unresolved issue

10. Promptly remove any intravascular catheter that is no longer essential [69–72]. Category IA
11. When adherence to aseptic technique cannot be ensured (i.e catheters inserted during a medical emergency), replace the catheter as soon as possible, i.e, within 48 hours [37, 73–76]. Category IB

## Background

The site at which a catheter is placed influences the subsequent risk for catheter-related infection and phlebitis. The influence of site on the risk for catheter infections is related in part to the risk for thrombophlebitis and density of local skin flora.

As in adults, the use of peripheral venous catheters in pediatric patients might be complicated by phlebitis, infusion extravasation, and catheter infection [243]. Catheter location, infusion of parenteral nutritional fluids with continuous IV fat emulsions, and length of ICU stay before catheter insertion, have all increased pediatric patients' risk for phlebitis. However, contrary to the risk in adults, the risk for phlebitis in children has not increased with the duration of catheterization [243, 244].

The density of skin flora at the catheter insertion site is a major risk factor for CRBSI. No single trial has satisfactorily compared infection rates for catheters placed in jugular, subclavian, and femoral veins. In retrospective observational studies, catheters inserted into an internal jugular vein have usually been associated with higher risk for colonization and/or CRBSI than those inserted into a subclavian [37–47]. Similar findings were noted in neonates in a single retrospective study [245]. Femoral catheters have been demonstrated to have high colonization rates compared with subclavian and internal jugular sites when used in adults and, in some studies, higher rates of CLABSIs [40, 45–47, 50, 51, 246]. Femoral catheters should also be avoided, when possible, because they are associated with a higher risk for deep venous thrombosis than are internal jugular or subclavian catheters [48–50, 53, 247]. One study [38] found that the risk of infection associated with catheters placed in the femoral vein is accentuated in obese patients. In contrast to adults, studies in pediatric patients have demonstrated that femoral catheters have a low incidence of mechanical complications and might have an equivalent infection rate to that of non-femoral catheters [248–251]. Thus, in adult patients, a subclavian site is preferred for infection control purposes, although other factors (e.g., the potential for mechanical complications, risk for subclavian vein stenosis, and catheter-operator skill) should be considered when deciding where to place the catheter.

In two meta-analyses, the use of real-time two-dimensional ultrasound for the placement of CVCs substantially decreased mechanical complications and reduced the number of attempts at required cannulation and failed attempts at cannulation compared with the standard landmark placement [60, 61]. Evidence favors the use of two-dimensional ultrasound guidance over Doppler ultrasound guidance [60]. Site selection should be guided by patient comfort, ability to secure the catheter, and maintenance of asepsis as well as patient-specific factors (e.g., preexisting catheters, anatomic deformity, and bleeding diathesis), relative risk of mechanical complications (e.g., bleeding and pneumothorax), the availability of bedside ultrasound, the experience of the person inserting the catheter, and the risk for infection.

Catheters should be inserted as great a distance as possible from open wounds. In one study, catheters inserted close to open burn wounds (i.e, 25 cm<sup>2</sup> overlapped a wound) were 1.79 times more likely to be colonized and 5.12 times more likely to be associated with bacteremia than catheters inserted farther from the wounds [252].

**Type of Catheter Material.** Polytetrafluoroethylene (Teflon (R)) or polyurethane catheters have been associated with fewer infectious complications than catheters made of polyvinyl chloride or polyethylene [36, 253, 254]. Steel needles used as an alternative to catheters for peripheral venous access have the same rate of infectious complications as do Teflon(R) catheters [33, 34]. However, the use of steel needles frequently is complicated by infiltration of intravenous (IV) fluids into the subcutaneous tissues, a potentially serious complication if the infused fluid is a vesicant [34].

## Hand Hygiene and Aseptic Technique

### Recommendations

1. Perform hand hygiene procedures, either by washing hands with conventional soap and water or with alcohol-based hand rubs (ABHR). Hand hygiene should be performed before and after palpating catheter insertion sites as well as before and after inserting, replacing, accessing, repairing, or dressing an intravascular catheter. Palpation of the insertion site should not be performed after the application of antiseptic, unless aseptic technique is maintained [12, 77–79]. Category IB
2. Maintain aseptic technique for the insertion and care of intravascular catheters [37, 73, 74, 76]. Category IB
3. Wear clean gloves, rather than sterile gloves, for the insertion of peripheral intravascular catheters, if the access site is not touched after the application of skin antiseptics. Category IC
4. Sterile gloves should be worn for the insertion of arterial, central, and midline catheters [37, 73, 74, 76]. Category IA
5. Use new sterile gloves before handling the new catheter when guidewire exchanges are performed. Category II
6. Wear either clean or sterile gloves when changing the dressing on intravascular catheters. Category IC

### Background

Hand hygiene before catheter insertion or maintenance, combined with proper aseptic technique during catheter manipulation, provides protection against infection [12]. Proper hand hygiene can be achieved through the use of either an alcohol-based

product [255] or with soap and water with adequate rinsing [77]. Appropriate aseptic technique does not necessarily require sterile gloves for insertion of peripheral catheters; a new pair of disposable nonsterile gloves can be used in conjunction with a “no-touch” technique for the insertion of peripheral venous catheters. Sterile gloves must be worn for placement of central catheters since a “no-touch” technique is not possible.

## Maximal Sterile Barrier Precautions

### Recommendations

1. Use maximal sterile barrier precautions, including the use of a cap, mask, sterile gown, sterile gloves, and a sterile full body drape, for the insertion of CVCs, PICCs, or guidewire exchange [14, 75, 76, 80]. Category IB
2. Use a sterile sleeve to protect pulmonary artery catheters during insertion [81]. Category IB

### Background

Maximum sterile barrier (MSB) precautions are defined as wearing a sterile gown, sterile gloves, and cap and using a full body drape (similar to the drapes used in the operating room) during the placement of CVC. Maximal sterile barrier precautions during insertion of CVC were compared with sterile gloves and a small drape in a randomized controlled trial. The MSB group had fewer episodes of both catheter colonization (RR = .32, 95% CI, .10–.96, P = .04) and CR-BSI (RR = .16, 95% CI, .02–1.30, P = .06). In addition, the group using MSB precautions had infections that occurred much later and contained gram negative, rather than gram positive, organisms [76]. A study of pulmonary artery catheters also secondarily demonstrated that use of MSB precautions lowered risk of infection [37]. Another study evaluated an educational program directed at improving infection control practices, especially MSB precautions. In this study, MSB precautions use increased and CRBSI decreased [14]. A small trial demonstrated a reduced risk of skin colonization at the insertion site when MSB precautions were used [OR 3.40, 95%CI 1.32 to 3.67] [80].

## Skin Preparation

### Recommendations

1. Prepare clean skin with an antiseptic (70% alcohol, tincture of iodine, an iodophor or chlorhexidine gluconate) before peripheral venous catheter insertion [82]. Category IB
2. Prepare clean skin with a >0.5% chlorhexidine preparation with alcohol before central venous catheter and peripheral arterial catheter insertion and during dressing changes. If there is a contraindication to chlorhexidine, tincture of iodine, an iodophor, or 70% alcohol can be used as alternatives [82, 83]. Category IA
3. No comparison has been made between using chlorhexidine preparations with alcohol and povidone-iodine in alcohol to prepare clean skin. Unresolved issue.
4. No recommendation can be made for the safety or efficacy of chlorhexidine in infants aged <2 months. Unresolved issue
5. Antiseptics should be allowed to dry according to the manufacturer’s recommendation prior to placing the catheter [82, 83]. Category IB

### Background

Two well-designed studies evaluating the chlorhexidine-containing cutaneous antiseptic regimen in comparison with either povidone iodine or alcohol for the care of an intravascular catheter insertion site have shown lower rates of catheter colonization or CRBSI associated with the chlorhexidine preparation [82, 83]. (The comparison of chlorhexidine gluconate alcohol to povidone iodine alcohol has not been done.) When 0.5% tincture of chlorhexidine was compared with 10% povidone iodine, no differences were seen in central venous catheter (CVC) colonization or in CRBSI [256]. In a three-armed study (2% aqueous chlorhexidine gluconate vs 10% povidone-iodine vs 70% alcohol), 2% aqueous chlorhexidine gluconate tended to decrease CRBSI compared with 10% povidone iodine or 70% alcohol [82]. A meta-analysis of 4,143 catheters suggested that chlorhexidine preparation reduced the risk of catheter related infection by 49% (95% CI .28 to .88) relative to povidone iodine [257]. An economic decision analysis based on available evidence suggested that the use of chlorhexidine, rather than povidone iodine, for CVC care would result in a 1.6% decrease in the incidence of CRBSI, a 0.23% decrease in the incidence of death, and a savings of \$113 per catheter used [258]. While chlorhexidine has become a standard antiseptic for skin preparation for the insertion of both central and peripheral venous catheters, 5% povidone iodine solution in 70% ethanol was associated with a substantial reduction of CVC-related colonization and infection compared with 10% aqueous povidone iodine [259].

## Catheter Site Dressing Regimens

### Recommendations

1. Use either sterile gauze or sterile, transparent, semipermeable dressing to cover the catheter site [84–87]. Category IA
2. If the patient is diaphoretic or if the site is bleeding or oozing, use gauze dressing until this is resolved [84–87]. Cat-

egory II

3. Replace catheter site dressing if the dressing becomes damp, loosened, or visibly soiled [84, 85]. Category IB
4. Do not use topical antibiotic ointment or creams on insertion sites, except for dialysis catheters, because of their potential to promote fungal infections and antimicrobial resistance [88, 89]. Category IB
5. Do not submerge the catheter or catheter site in water. Showering should be permitted if precautions can be taken to reduce the likelihood of introducing organisms into the catheter (e.g., if the catheter and connecting device are protected with an impermeable cover during the shower) [90–92]. Category IB
6. Replace dressings used on short-term CVC sites every 2 days for gauze dressings. Category II
7. Replace dressings used on short-term CVC sites at least every 7 days for transparent dressings, except in those pediatric patients in which the risk for dislodging the catheter may outweigh the benefit of changing the dressing [87, 93]. Category IB
8. Replace transparent dressings used on tunneled or implanted CVC sites no more than once per week (unless the dressing is soiled or loose), until the insertion site has healed. Category II
9. No recommendation can be made regarding the necessity for any dressing on well-healed exit sites of long-term cuffed and tunneled CVCs. Unresolved issue
10. Ensure that catheter site care is compatible with the catheter material [94, 95]. Category IB
11. Use a sterile sleeve for all pulmonary artery catheters [80]. Category IB
12. Use a chlorhexidine-impregnated sponge dressing for temporary short-term catheters in patients older than 2 months of age if the CLABSI rate is not decreasing despite adherence to basic prevention measures, including education and training, appropriate use of chlorhexidine for skin antisepsis, and MSB [93, 96–98]. Category IB
13. No recommendation is made for other types of chlorhexidine dressings. Unresolved issue
14. Monitor the catheter sites visually when changing the dressing or by palpation through an intact dressing on a regular basis, depending on the clinical situation of the individual patient. If patients have tenderness at the insertion site, fever without obvious source, or other manifestations suggesting local or bloodstream infection, the dressing should be removed to allow thorough examination of the site [99–101]. Category IB
15. Encourage patients to report any changes in their catheter site or any new discomfort to their provider. Category II

## Background

Transparent, semi-permeable polyurethane dressings permit continuous visual inspection of the catheter site and require less frequent changes than do standard gauze and tape dressings. In the largest controlled trial of dressing regimens on peripheral catheters, the infectious morbidity associated with the use of transparent dressings on approximately 2,000 peripheral catheters was examined [254]. Data from this study suggest that the rate of colonization among catheters dressed with transparent dressings (5.7%) is comparable to that of those dressed with gauze (4.6%) and that no clinically substantial differences exist in the incidence of either catheter site colonization or phlebitis. Furthermore, these data suggest that transparent dressings can be safely left on peripheral venous catheters for the duration of catheter insertion without increasing the risk for thrombophlebitis [254].

A meta-analysis has assessed studies that compared the risk for CRBSIs using transparent dressings versus using gauze dressing [260]. The risk for CRBSIs did not differ between the groups. The choice of dressing can be a matter of preference. If blood is oozing from the catheter insertion site, gauze dressing is preferred. Another systemic review of randomized controlled trials comparing gauze and tape to transparent dressings found no significant differences between dressing types in CRBSIs, catheter tip colonization, or skin colonization [261].

Chlorhexidine impregnated dressings have been used to reduce the risk of CRBSI. In the largest multicenter randomized controlled trial published to date comparing chlorhexidine impregnated sponge dressings vs standard dressings in ICU patients, rates of CRBSIs were reduced even when background rates of infection were low. In this study, 1636 patients (3778 catheters, 28 931 catheter-days) were evaluated. The chlorhexidine-impregnated sponge dressings decreased the rates of major CRBSIs (10/1953 [0.5%], 0.6 per 1000 catheter-days vs 19/1825 [1.1%], 1.4 per 1000 catheter-days; hazard ratio [HR], 0.39 [95% confidence interval {CI}, .17–.93];  $P = .03$ ) and CRBSIs (6/1953 catheters, 0.40 per 1000 catheter-days vs 17/1825 catheters, 1.3 per 1000 catheter-days; HR, 0.24 [95% CI, .09–.65]) [93]. A randomized controlled study of polyurethane or a chlorhexidine impregnated sponge dressing in 140 children showed no statistical difference in BSIs; however, the chlorhexidine group had lower rates of CVC colonization [98]. In 601 cancer patients receiving chemotherapy, the incidence of CRBSI was reduced in patients receiving the chlorhexidine impregnated sponge dressing compared with standard dressings ( $P = .016$ , relative risk 0.54; confidence interval 0.31–.94) [262]. A meta-analysis that included eight randomized controlled trials demonstrated that chlorhexidine impregnated sponge dressings are associated with a reduction of vascular and epidural catheter exit site colonization but no significant reduction in CRBSI (2.2% versus 3.8%, OR 0.58, 95% CI: .29–1.14,  $p = .11$ ) [97].

Although data regarding the use of a chlorhexidine impregnated sponge dressing in children are limited, one randomized, controlled study involving 705 neonates reported a substantial decrease in colonized catheters in infants in the chlorhexidine impregnated sponge dressing group compared with the group that had standard dressings (15% versus 24%; RR = .6; 95% CI 5 0.5–.9), but no difference in the rates of CRBSI or BSI without a source. Chlorhexidine impregnated sponge dressings were associated with

localized contact dermatitis in infants of very low birth weight. In 98 neonates with very low birth weight, 15 (15%) developed localized contact dermatitis; four (1.5%) of 237 neonates weighing >1,000 g developed this reaction (P < .0001). Infants with gestational age <26 weeks who had CVCs placed at age <8 days were at increased risk for having localized contact dermatitis, whereas no infants in the control group developed this local reaction [96].

## Patient Cleansing

### Recommendation

Use a 2% chlorhexidine wash for daily skin cleansing to reduce CRBSI [102–104]. Category II

### Background

Daily cleansing of ICU patients with a 2% chlorhexidine impregnated washcloth may be a simple, effective strategy to decrease the rate of primary BSIs. In a single center study of 836 ICU patients, patients receiving the chlorhexidine intervention were significantly less likely to acquire a primary BSI (4.1 vs 10.4 infections per 1000 patient days; incidence difference, 6.3 [95% confidence interval, 1.2–11.0]) than those bathed with soap and water [102].

## Catheter Securement Devices

### Recommendation

Use a sutureless securement device to reduce the risk of infection for intravascular catheters [105]. Category II

### Background

Catheter stabilization is recognized as an intervention to decrease the risk for phlebitis, catheter migration and dislodgement, and may be advantageous in preventing CRBSIs. Pathogenesis of CRBSI occurs via migration of skin flora through the percutaneous entry site. Sutureless securement devices avoid disruption around the catheter entry site and may decrease the degree of bacterial colonization. [105]. Using a sutureless securement device also mitigates the risk of sharps injury to the healthcare provider from inadvertent needlestick injury.

## Antimicrobial/Antiseptic Impregnated Catheters and Cuffs

### Recommendation

Use a chlorhexidine/silver sulfadiazine or minocycline/ rifampin -impregnated CVC in patients whose catheter is expected to remain in place >5 days if, after successful implementation of a comprehensive strategy to reduce rates of CLABSI, the CLABSI rate is not decreasing. The comprehensive strategy should include at least the following three components: educating persons who insert and maintain catheters, use of maximal sterile barrier precautions, and a >0.5% chlorhexidine preparation with alcohol for skin antisepsis during CVC insertion [106–113]. Category IA

### Background

Certain catheters and cuffs that are coated or impregnated with antimicrobial or antiseptic agents can decrease the risk for CRBSI and potentially decrease hospital costs associated with treating CRBSIs, despite the additional acquisition cost of an antimicrobial/antiseptic impregnated catheter [110]. Nearly all of the studies involving antimicrobial/antiseptic-impregnated catheters have been conducted using triple-lumen, uncuffed catheters in adult patients whose catheters remained in place <30 days. While most of the studies have been conducted in adults, these catheters have been approved by FDA for use in patients weighing >3 kg. Two non-randomized studies [112, 113] in pediatric ICU patients suggest that these catheters might reduce risk of catheter-associated infection. No antiseptic or antimicrobial impregnated catheters currently are available for use in infants weighing <3kg.

**Chlorhexidine/Silver Sulfadiazine** Catheters coated with chlorhexidine/silver sulfadiazine only on the external luminal surface have been studied as a means to reduce CRBSI. Two meta-analyses of first-generation catheters [1, 263] demonstrated that such catheters reduced the risk for CRBSI compared with standard non-coated catheters. The duration of catheter placement in one study ranged from 5.1 to 11.2 days [264]. A second-generation catheter is now available with chlorhexidine coating the internal surface extending into the extension set and hubs while the external luminal surface is coated with chlorhexidine and silver sulfadiazine. The external surface has three times the amount of chlorhexidine and extended release of the surface bound antiseptics than that in the first generation catheters. All three prospective, randomized studies of second-generation catheters demonstrated a significant reduction in catheter colonization, but they were underpowered to show a difference in CRBSI [106–108]. Prolonged anti-infective activity provides improved efficacy in preventing infections [265]. Although rare, anaphylaxis with the use of these chlorhexidine/silver sulfadiazine catheters has been observed [266–270].

Chlorhexidine/silver sulfadiazine catheters are more expensive than standard catheters. However, one analysis has suggested that the use of chlorhexidine/silver sulfadiazine catheters should lead to a cost savings of \$68 to \$391 per catheter [271] in settings in which the risk for CRBSI is high, despite adherence to other preventive strategies (e.g., maximal barrier precautions and aseptic techniques). Use of these catheters might be cost effective in ICU patients, burn patients, neutropenic patients, and other patient populations in which the rate of infection exceeds 3.3 per 1,000 catheter days [264].

**Minocycline/Rifampin** In a multicenter randomized trial, CVCs impregnated on both the external and internal surfaces with minocycline/rifampin were associated with lower rates of CRBSI when compared with the first generation chlorhexidine/ silver sulfadiazine impregnated catheters [109]. The beneficial effect began after day 6 of catheterization. Silicone minocycline/ rifampin impregnated CVCs with an average dwell time of over 60 days have been shown to be effective in reducing CRBSI [111]. No minocycline/rifampin-resistant organisms were reported in these studies. Two trials demonstrated that use of these catheters significantly reduced CRBSI compared with uncoated catheters [110, 111]. No comparative studies have been published using the second-generation chlorhexidine/silver sulfadiazine catheter. Although there have been concerns related to the potential for development of resistance, several prospective clinical studies have shown that the risk is low [272, 273]. Further, no resistance to minocycline or rifampin related to the use of the catheter has been documented in the clinical setting. Two studies using decision model analysis revealed these catheters were associated with superior cost savings compared with first generation chlorhexidine/ silver sulfadiazine catheters [274, 275]. Such analysis needs to be done compared with the second-generation catheters. However, as baseline rates of infection decrease and the cost of catheters decrease, the cost-benefit ratio will likely change.

The decision to use chlorhexidine/silver sulfadiazine or minocycline/rifampin impregnated catheters should be based on the need to enhance prevention of CRBSI after bundled standard procedures have been implemented (e.g., educating personnel, using maximal sterile barrier precautions, and using >0.5% chlorhexidine preparation with alcohol for skin antisepsis) and then balanced against the concern for emergence of resistant pathogens and the cost of implementing this strategy.

**Platinum/Silver** A combination platinum/silver impregnated catheter (i.e, a silver iontophoretic catheter) is available for use in the United States. Several prospective, randomized studies have been published comparing these catheters to uncoated catheters [276–279]. One study showed a reduction in the incidence density of catheter colonization and CRBSI [278], but the other studies found no difference in catheter colonization or CRBSI between the impregnated catheter and a non-impregnated catheter [39, 276, 277]. In light of this, a firm recommendation for or against the use of these catheters cannot be made.

## Systemic Antibiotic Prophylaxis

### Recommendation

Do not administer systemic antimicrobial prophylaxis routinely before insertion or during use of an intravascular catheter to prevent catheter colonization or CRBSI [114]. Category IB

### Background

Several studies have examined the role of systemic antibiotic prophylaxis in prevention of catheter-related infection. A recent meta-analysis reviewed these studies in oncology patients [114]. Four studies used a prophylactic glycopeptide prior to catheter insertion. However, heterogeneity in these studies precludes making any conclusion regarding efficacy.

In a study examining the effect of ongoing oral prophylaxis with rifampin and novobiocin on catheter-related infection in cancer patients treated with interleukin-2 [280], a reduction in CRBSI was observed, even though 9 of 26 subjects (35%) discontinued the prophylactic antibiotics due to side effects or toxicity. In non-oncology patients, no benefit was associated with vancomycin administration prior to catheter insertion in 55 patients undergoing catheterization for parenteral nutrition [281]. Similarly, extending perioperative prophylactic antibiotics in cardiovascular surgery patients did not reduce central venous catheter colonization [282]. A recent Cochrane review of prophylactic antibiotics in neonates with umbilical venous catheters concluded that there is insufficient evidence from randomized trials to support or refute the use of prophylactic antibiotics [283].

Late onset neonatal sepsis is often due to coagulase negative staphylococci and is thought to frequently stem from infected central venous catheters. Five trials involved a total of 371 neonates comparing vancomycin by continuous infusion via parenteral nutrition or intermittent dosing, and placebo. The infants treated with vancomycin experienced less sepsis (RR .11; 95% CI .05-.24) and less sepsis due to coagulase negative staphylococci (RR .33; 95% CI .19-.59) [284]. However, mortality and length of stay were not significantly different between the two groups. There were insufficient data to evaluate the risk of selection for vancomycin resistant organisms.

## Antibiotic/Antiseptic Ointments

### Recommendation

Use povidone iodine antiseptic ointment or bacitracin/ gramicidin/polymyxin B ointment at the hemodialysis catheter exit site after catheter insertion and at the end of each dialysis session only if this ointment does not interact with the material of the hemodialysis catheter per manufacturer's recommendation [59, 115–119]. Category IB

### Background

A variety of topical antibiotic or antiseptic ointments have been utilized in attempts to lower the antimicrobial burden at the catheter insertion site and thus prevent infection. A number of older studies, examining primarily peripheral venous catheters, yielded varying conclusions [82, 285, 286]. In addition, the use of antibiotic ointments that have limited antifungal activity may serve to increase colonization and/or infection due to *Candida* species [89].

More recent studies have examined this approach in high-risk patients, particularly those undergoing hemodialysis [116–119]. Three randomized, controlled trials have evaluated the use of 10% povidone iodine [117–119]. A significant decrease in coloniza-

tion, exit-site infection, or bloodstream infection was observed. The beneficial effect was most prominent in subjects with nasal colonization by *Staphylococcus aureus* [117–119].

Nasal carriers of *S. aureus* are more likely to experience a CRBSI than non-colonized persons [287–289]. This has prompted investigators to assess the utility of topical mupirocin, a potent anti-staphylococcal agent. Several studies have demonstrated a reduced risk of CRBSI when mupirocin ointment was applied at the catheter insertion site [117, 290–292]. Others have shown similar benefits when mupirocin was applied nasally [288, 289, 293]. However, enthusiasm for this measure has been dampened by the rapid emergence of mupirocin resistance observed at some centers [88, 294, 295], and the potential degrading effect that mupirocin has on polyurethane catheters [94, 95].

In the only study demonstrating a significant effect on mortality, the application of bacitracin/gramicidin/polymyxin B ointment at the catheter insertion site was compared with placebo in 169 hemodialysis patients [296]. Infections were observed in more patients in the placebo group than in the bacitracin/gramicidin/polymyxin B group (34 versus 12%; relative risk, 0.35; 95% CI, .18 to .68). The number of infections per 1,000 catheter days (4.10 versus 1.02;  $P < .0001$ ) and the number of bacteremias per 1,000 catheter days (2.48 versus .63;  $P = .0004$ ) were also greater in the placebo group. Within the 6-month study period, there were 13 deaths in the placebo group as compared with three deaths in the bacitracin/gramicidin/polymyxin B group ( $P = .004$ ). Thus, there is evidence from one study in hemodialysis patients that bacitracin/gramicidin/polymyxin B ointment can improve outcome, but no similar data exist for use in other patient populations [296]. It should be noted that the gramicidin-containing ointment is not currently available in the United States.

## Antibiotic Lock Prophylaxis, Antimicrobial Catheter Flush and Catheter Lock Prophylaxis

### Recommendation

Use prophylactic antimicrobial lock solution in patients with long term catheters who have a history of multiple CRBSI despite optimal maximal adherence to aseptic technique [120–138]. Category II

### Background

To prevent CRBSI, a wide variety of antibiotic and antiseptic solutions have been used to flush or lock catheter lumens [120–138]. Catheter lock is a technique by which an antimicrobial solution is used to fill a catheter lumen and then allowed to dwell for a period of time while the catheter is idle. Antibiotics of various concentrations that have been used either alone (when directed at a specific organism) or in combination (to achieve broad empiric coverage) to prophylactically flush or lock central venous catheters include vancomycin, gentamicin, ciprofloxacin, minocycline, amikacin, ceftazidime, cefotaxime, and ceftazidime; while antiseptics have included alcohol, taurolidine, trisodium citrate. (Taurolidine and trisodium citrate are not approved for this use in the United States). These agents are usually combined with a compound acting as an anticoagulant, such as heparin or EDTA. Most of these studies have been conducted in relatively small numbers of high-risk patients, such as hemodialysis patients, neonates, or neutropenic oncology patients. Although most studies indicate a beneficial effect of the antimicrobial flush or lock solution in terms of prevention of catheter-related infection, this must be balanced by the potential for side effects, toxicity, allergic reactions, or emergence of resistance associated with the antimicrobial agent. The wide variety of compounds used, the heterogeneity of the patient populations studied, and limitations in the size or design of studies preclude a general recommendation for use. In addition, there are no FDA approved formulations approved for marketing, and most formulations have been prepared in hospital pharmacies. A brief overview of some of the studies follows.

At least 10 studies regarding catheter flush or lock solutions have been performed in hemodialysis patients [128, 129, 131–138]. Three meta-analyses have all demonstrated that catheter lock solutions reduce risk of CRBSI in hemodialysis patients [297–299]. In the largest of these studies, 291 subjects were enrolled in a prospective randomized comparison of 30% trisodium citrate versus heparin [133]. The rate of CRBSI was significantly lower in the group whose catheters were locked with trisodium citrate (4.1 BSI/1,000 CVC days vs. 1.1 BSI/1,000 CVC days,  $P < .001$ ), and no significant difference in thrombosis or occlusion of the catheter was noted. However, if infused rapidly, concentrated citrate can result in serious hypocalcaemia, cardiac dysrhythmia, and death. The second largest study in hemodialysis subjects examined the effect of a catheter lock solution containing cefazolin, gentamicin, and heparin compared with control patients receiving only heparin [135]. In 120 subjects, the rate of CRBSI was significantly lower in those receiving the antibiotic lock solution (0.44 BSI/1,000 CVC days vs. 3.12 BSI/1,000 CVC days,  $P = .03$ ) [135]. Other trials in hemodialysis patients have studied minocycline, gentamicin, EDTA, heparin, taurolidine, vancomycin, and cefotaxime.

At least five studies have been conducted in pediatric oncology patients [120, 121, 124, 126, 127]. In the largest trial, 126 subjects were enrolled in a prospective, randomized, double blind study comparing vancomycin/ciprofloxacin/heparin (VCH) to vancomycin/heparin (VH) to heparin (H) alone [124]. The time to CVC-related infection was significantly longer in the VCH or VH arms of the study compared with heparin, and the rate of infection was significantly lower with either of the antibiotic containing solutions compared with heparin alone (1.72/1,000 CVC days [H] vs. 0.55/1,000 CVC days [VCH] vs. 0.37/1,000 CVC days [VH]).

In a meta-analysis of seven randomized, controlled trials examining the utility of vancomycin-containing lock or flush solutions compared with heparin alone, the risk ratio for vancomycin/heparin solutions was 0.49 (95% CI .26–.95,  $P = .03$ ) [300]. Use of the catheter lock technique appeared to have greater benefit than simply flushing vancomycin through the catheter.

Recently, a prospective, double blind, randomized trial compared the utility of 70% ethanol lock versus heparinized saline for the prevention of primary CRBSI in oncology patients. Patients receiving the ethanol lock preventive therapy were significantly less likely to experience a primary CRBSI (0.60/1,000 CVC days vs. 3.11/1,000 CVC days; OR 0.18, 95% CI .05–.65,  $P = .008$ ) [301].

## Anticoagulants

### Recommendation

Do not routinely use anticoagulant therapy to reduce the risk of catheter-related infection in general patient populations [139]. Category II

### Background

Shortly after insertion, intravascular catheters are coated with a conditioning film, consisting of fibrin, plasma proteins, and cellular elements, such as platelets and red blood cells [213, 302]. Microbes interact with the conditioning film, resulting in colonization of the catheter [303]. There is a close association between thrombosis of central venous catheters and infection [221, 304, 305]. Therefore, anticoagulants have been used to prevent catheter thrombosis and presumably reduce the risk of infection.

In a meta-analysis evaluating the benefit of heparin prophylaxis (3 units/mL in parenteral nutrition, 5,000 units every 6 or 12 hours flush or 2,500 units low molecular weight heparin subcutaneously) in patients with short-term CVCs, the risk for catheter-related central venous thrombosis was reduced with the use of prophylactic heparin [139]. However, no substantial difference in the rate of CRBSI was observed. In a more recent prospective, randomized trial, 204 patients with non-tunneled catheters were assigned to receive a continuous infusion of heparin (100 units/kg/d) or saline (50 mL/d) [306]. The rate of CRBSI was significantly decreased in the group receiving heparin (2.5 BSI/1,000 CVC days vs. 6.4 BSI/1,000 CVC days). Because the majority of heparin solutions contain preservatives with antimicrobial activity, whether any decrease in the rate of CRBSI is a result of the reduced thrombus formation, the preservative, or both is unclear. The majority of pulmonary artery, umbilical, and central venous catheters are available as heparin-bonded devices. The majority of catheters are heparin bonded with benzalkonium, which provides the catheters with antimicrobial activity [307] and provides an anti-thrombotic effect [308]. However, some catheters have heparin bound directly to the catheter without benzalkonium [309]. Studies have shown that heparin-bonded catheters reduce risk of thrombosis and risk of CRBSI [306, 308–310], but are less effective at reducing catheter colonization than catheters impregnated with chlorhexidine/silver sulfadiazine [311]. Unfortunately, heparin-induced thrombocytopenia can occur and has prompted many clinicians to avoid heparin [312]. Trisodium citrate has been recommended as a catheter lock solution because it possesses both anticoagulant and antimicrobial properties [133]. In a prospective, randomized, double blind study in hemodialysis patients, use of interdialytic heparin (5,000 U/mL) was associated with a significantly greater rate of CRBSIs compared with use of 30% trisodium citrate (4.1 BSI/1,000 CVC days vs. 1.1 BSI/1,000 CVC days [313]).

Warfarin has been evaluated as a means to reduce CVC thrombus formation and, hence, infection [314–318]. In patients with long-term CVCs, low dose warfarin (i.e., 1 mg/day) reduced the incidence of catheter thrombus [142, 143]. However, other studies have not confirmed reduced thrombosis and still others have found untoward interactions in patients receiving 5-FU [319, 320]. Data are limited; although low dose warfarin decreases the risk of thrombus formation in cancer patients, it has not been shown to reduce infectious complications. Over 20% of patients in some studies develop prolonged prothrombin times and required dosage adjustment [321]. Other anticoagulants, such as factor Xa inhibitors or direct thrombin inhibitors, have not been adequately assessed in terms of reducing the risk of catheter-associated infection.

## Replacement of Peripheral and Midline Catheters

### Recommendations

1. There is no need to replace peripheral catheters more frequently than every 72–96 hours to reduce risk of infection and phlebitis in adults [36, 140, 141]. Category IB
2. No recommendation is made regarding replacement of peripheral catheters in adults only when clinically indicated [142–144]. Unresolved issue
3. Replace peripheral catheters in children only when clinically indicated [32, 33]. Category IB
4. Replace midline catheters only when there is a specific indication. Category II

### Background

Scheduled replacement of intravascular catheters has been proposed as a method to prevent phlebitis and catheter-related infections. Studies of short peripheral venous catheters indicate that the incidence of thrombophlebitis and bacterial colonization of catheters increases when catheters are left in place >72 hours [258]. However, rates of phlebitis are not substantially different in peripheral catheters left in place 72 hours compared with 96 hours [141]. Because phlebitis and catheter colonization have been associated with an increased risk for catheter-related infection, short peripheral catheter sites commonly are replaced at 72–96 hour intervals to reduce both the risk for infection and patient discomfort associated with phlebitis.

Some studies have suggested that planned removal at 72 hours vs. removing as needed resulted in similar rates of phlebitis and catheter failure [142–144]. However, these studies did not address the issue of CRBSI, and the risk of CRBSIs with this strategy is not well studied.

Midline catheters are associated with lower rates of phlebitis than short peripheral catheters and with lower rates of infection than CVCs [322–324]. In one prospective study of 140 midline catheters, their use was associated with a BSI rate of 0.8 per 1,000 catheter days [324]. No specific risk factors, including duration of catheterization, were associated with infection. Midline cath-

eters were in place a median of 7 days, but for as long as 49 days. Although the findings of this study suggested that midline catheters could be changed only when there is a specific indication, no prospective, randomized studies have assessed the benefit of routine replacement as a strategy to prevent CRBSI associated with midline catheters.

## Replacement of CVCs, Including PICCs and Hemodialysis Catheters

### Recommendations

1. Do not routinely replace CVCs, PICCs, hemodialysis catheters, or pulmonary artery catheters to prevent catheter-related infections. Category IB
2. Do not remove CVCs or PICCs on the basis of fever alone. Use clinical judgment regarding the appropriateness of removing the catheter if infection is evidenced elsewhere or if a noninfectious cause of fever is suspected. Category II
3. Do not use guidewire exchanges routinely for non-tunneled catheters to prevent infection. Category IB
4. Do not use guidewire exchanges to replace a non-tunneled catheter suspected of infection. Category IB
5. Use a guidewire exchange to replace a malfunctioning non-tunneled catheter if no evidence of infection is present. Category IB
6. Use new sterile gloves before handling the new catheter when guidewire exchanges are performed. Category II

### Background

Catheter replacement at scheduled time intervals as a method to reduce CRBSI has not lowered rates. Two trials have assessed a strategy of changing the catheter every 7 days compared with a strategy of changing catheters as needed [165, 325]. One of these studies involved 112 surgical ICU patients needing CVCs, pulmonary artery catheters, or peripheral arterial catheters [165], whereas the other study involved only subclavian hemodialysis catheters [325]. In both studies, no difference in CRBSI was observed in patients undergoing scheduled catheter replacement every 7 days compared with patients whose catheters were replaced as needed.

Scheduled guidewire exchange of CVCs is another proposed strategy for preventing CRBSI. The results of a meta-analysis of 12 randomized, controlled trials assessing CVC management failed to demonstrate any reduction of CRBSI rates through routine replacement of CVCs by guidewire exchange compared with catheter replacement on an as needed basis [326]. Thus, routine replacement of CVCs is not necessary for catheters that are functioning and have no evidence of causing local or systemic complications.

Catheter replacement over a guidewire has become an accepted technique for replacing a malfunctioning catheter or exchanging a pulmonary artery catheter for a CVC when invasive monitoring no longer is needed. Catheter insertion over a guidewire is associated with less discomfort and a significantly lower rate of mechanical complications than are those percutaneously inserted at a new site [327]. In addition, this technique provides a means of preserving limited venous access in some patients. Replacement of temporary catheters over a guidewire in the presence of bacteremia is not an acceptable replacement strategy because the source of infection is usually colonization of the skin tract from the insertion site to the vein [37, 327]. However, in selected patients with tunneled hemodialysis catheters and bacteremia, catheter exchange over a guidewire, in combination with antibiotic therapy, is an alternative as a salvage strategy in patients with limited venous access [328–331].

Because of the increased difficulty obtaining vascular access in children, attention should be given to the frequency with which catheters are replaced in these patients. In a study in which survival analysis techniques were used to examine the relation between the duration of central venous catheterization and complications in pediatric ICU patients, all of the patients studied ( $n = 397$ ) remained uninfected for a median of 23.7 days [250]. In addition, no relation was found between duration of catheterization and the daily probability of infection ( $r = 0.21$ ;  $P > .1$ ), suggesting that routine replacement of CVCs likely does not reduce the incidence of catheter-related infection [250].

Vascular access sites can be even more limited among neonates. Four randomized trials ( $n = 368$ ) summarized in a recent Cochrane Database Systemic Review compared the effects of giving parenteral nutrition through percutaneous central venous catheters vs. peripheral intravenous catheters. Fewer painful procedures (venipunctures) were required in neonates randomized to percutaneously placed CVCs, and there was no evidence for increased risk of BSIs [332].

CVC occlusion due to thrombus formation is one of the most common reasons for CVC removal in neonates. Various methods have been tried to prevent catheter occlusion. Recently, a randomized trial ( $n = 201$ ) evaluated whether a continuous heparin infusion (0.5 units/kg/hour) could effectively prolong the duration of catheterization when compared with a placebo infusion. The rate of catheter occlusion requiring catheter removal was lower in the heparin group (6% vs. 31%,  $P = .001$ ;  $NNT = 4$ ). Rates of CRBSI were similar, although the study was not powered to evaluate CRBSI rate differences. Heparin associated antibody levels were not routinely measured [333].

**Hemodialysis Catheters.** The use of catheters for hemodialysis is the most common factor contributing to bacteremia in dialysis patients [334, 335]. The relative risk for bacteremia in patients with dialysis catheters is sevenfold the risk for patients with arteriovenous (AV) fistulas [336]. AV fistulas and grafts are preferred over hemodialysis catheters in patients with chronic renal failure, due to their lower associated risk of infection. If temporary access is needed for dialysis, a tunneled cuffed catheter is preferable to a non-cuffed catheter, even in the ICU setting, if the catheter is expected to stay in place for >3weeks [59].

**Pulmonary Artery Catheters.** Pulmonary artery catheters are inserted through a Teflon(R) introducer and typically remain in place an average of 3 days. The majority of pulmonary artery catheters are heparin bonded, which reduces not only catheter thrombosis but also microbial adherence to the catheter [307]. Meta-analysis indicates that the CRBSI rate associated with pulmonary artery catheterization is 3.7 per 1,000 catheter days and somewhat higher than the rate observed for unmedicated and non-tunnelled CVCs (2.7 per 1,000 catheter days)[6, 45].

Data from prospective studies indicate that the risk of significant catheter colonization and CRBSI increases the longer the catheter remains in place. In general, the risk of significant catheter colonization increases after 4 days of catheterization [75, 337, 338], whereas the risk of CRBSI increases beyond 5-7 days of catheterization [75, 84, 166]. Efforts must be made to differentiate between infection related to the introducer and that related to the pulmonary artery catheter. Significant colonization of the introducer occurs earlier than that of the pulmonary artery catheter [337, 339]. However, no studies indicate that catheter replacement at scheduled time intervals is an effective method to reduce risk of CRBSI [165, 327, 339]. In patients who continue to require hemodynamic monitoring, pulmonary artery catheters do not need to be changed more frequently than every 7 days [339]. No specific recommendation can be made regarding routine replacement of catheters that need to be in place for >7 days.

Pulmonary artery catheters are usually packaged with a thin plastic sleeve that prevents touch contamination when placed over the catheter. In a study of 166 catheters, patients who were randomly assigned to have their catheters self-contained within this sleeve had a reduced risk for CRBSI compared with those who had a pulmonary artery catheter placed without the sleeve (P = .002) [81].

## Umbilical Catheters

### Recommendations

1. Remove and do not replace umbilical artery catheters if any signs of CRBSI, vascular insufficiency in the lower extremities, or thrombosis are present [145]. Category II
2. Remove and do not replace umbilical venous catheters if any signs of CRBSI or thrombosis are present [145]. Category II
3. No recommendation can be made regarding attempts to salvage an umbilical catheter by administering antibiotic treatment through the catheter. Unresolved issue
4. Cleanse the umbilical insertion site with an antiseptic before catheter insertion. Avoid tincture of iodine because of the potential effect on the neonatal thyroid. Other iodine-containing products (e.g., povidone iodine) can be used [146– 150]. Category IB
5. Do not use topical antibiotic ointment or creams on umbilical catheter insertion sites because of the potential to promote fungal infections and antimicrobial resistance [88, 89]. Category IA
6. Add low-doses of heparin (0.25–1.0 U/ml) to the fluid infused through umbilical arterial catheters [151–153]. Category IB
7. Remove umbilical catheters as soon as possible when no longer needed or when any sign of vascular insufficiency to the lower extremities is observed. Optimally, umbilical artery catheters should not be left in place >5 days [145, 154]. Category II
8. Umbilical venous catheters should be removed as soon as possible when no longer needed, but can be used up to 14 days if managed aseptically [155, 156]. Category II
9. An umbilical catheter may be replaced if it is malfunctioning, and there is no other indication for catheter removal, and the total duration of catheterization has not exceeded 5 days for an umbilical artery catheter or 14 days for an umbilical vein catheter. Category II

### Background

Although the umbilical stump becomes heavily colonized soon after birth, umbilical vessel catheterization often is used for vascular access in newborn infants. Umbilical vessels can be cannulated easily and permit both collection of blood samples and measurement of hemodynamic status. The incidences of catheter colonization and BSI are similar for umbilical vein catheters and umbilical artery catheters. In several studies, an estimated 40%–55% of umbilical artery catheters were colonized and 5% resulted in CRBSI; umbilical vein catheters were associated with colonization in 22%–59% of cases [147, 148, 340] and with CRBSI in 3%–8% of cases [148]. Although CRBSI rates are similar for umbilical catheters in the high position (i.e, above the diaphragm) compared with the low position (i.e, below the diaphragm and above the aortic bifurcation), catheters placed in the high position result in a lower incidence of vascular complications without an increase in adverse sequelae [148].

Risk factors for infection differ for umbilical artery and umbilical vein catheters. In one study, neonates with very low birth weight who also received antibiotics for >10 days were at increased risk for umbilical artery CRBSIs [148]. In comparison, those with higher birth weight and receipt of parenteral nutrition fluids were at increased risk for umbilical vein CRBSI. Duration of catheterization was not an independent risk factor for infection of either type of umbilical catheter.

A recent randomized trial (n = 210) evaluated whether long-term umbilical venous catheterization (up to 28 days) would result in the same or fewer CRBSIs when compared with neonates who were randomized to short-term umbilical venous catheterization

for 7–10 days followed by percutaneous central venous catheterization. CRBSI rate was higher (20%) among long term catheterized neonates when compared with short term catheterized neonates (13%). The difference was not statistically significant ( $P = .17$ ), although the study was underpowered. The study was not powered to evaluate differences in venous thrombosis rates [341].

## Peripheral Arterial Catheters and Pressure Monitoring Devices for Adult and Pediatric Patients

### Recommendations

1. In adults, use of the radial, brachial or dorsalis pedis sites is preferred over the femoral or axillary sites of insertion to reduce the risk of infection [46, 47, 157, 158]. Category IB
2. In children, the brachial site should not be used. The radial, dorsalis pedis, and posterior tibial sites are preferred over the femoral or axillary sites of insertion [46]. Category II
3. A minimum of a cap, mask, sterile gloves and a small sterile fenestrated drape should be used during peripheral arterial catheter insertion [47, 158, 159]. Category IB
4. During axillary or femoral artery catheter insertion, maximal sterile barriers precautions should be used. Category II
5. Replace arterial catheters only when there is a clinical indication. Category II
6. Remove the arterial catheter as soon as it is no longer needed. Category II
7. Use disposable, rather than reusable, transducer assemblies when possible [160–164]. Category IB
8. Do not routinely replace arterial catheters to prevent catheter-related infections [165, 166, 167, 168]. Category II
9. Replace disposable or reusable transducers at 96-hour intervals. Replace other components of the system (including the tubing, continuous-flush device, and flush solution) at the time the transducer is replaced [37, 161]. Category IB
10. Keep all components of the pressure monitoring system (including calibration devices and flush solution) sterile [160, 169–171]. Category IA
11. Minimize the number of manipulations of and entries into the pressure monitoring system. Use a closed flush system (i.e, continuous flush), rather than an open system (i.e, one that requires a syringe and stopcock), to maintain the patency of the pressure monitoring catheters [163, 172]. Category II
12. When the pressure monitoring system is accessed through a diaphragm, rather than a stopcock, scrub the diaphragm with an appropriate antiseptic before accessing the system [163]. Category IA
13. Do not administer dextrose-containing solutions or parenteral nutrition fluids through the pressure monitoring circuit [163, 173, 174]. Category IA
14. Sterilize reusable transducers according to the manufacturers' instructions if the use of disposable transducers is not feasible [163, 173–176]. Category IA

### Background

Arterial catheters are usually inserted into the radial or femoral artery and permit continuous blood pressure monitoring and blood gas measurements. The risk of CRBSI for arterial catheters is lower than that associated with non-coated, uncuffed, non-tunneled short term CVCs (1.7 versus 2.7 per 1,000 catheter days) [6]. However, risk of CRBSI rates are comparable between arterial catheters and coated, uncuffed, non-tunneled short term CVCs [6]. Unlike CVCs, use of full barrier precautions during arterial cannulation does not appear to reduce the risk of arterial CRBSI [158, 159]. Nonetheless, when arterial catheters are inserted using a protocol which includes maximum barrier precautions, a very low risk of CRBSI (0.41/1,000 catheter days) can be achieved [47]. Although a meta-analysis failed to discern a difference in rates of CRBSI among three sites of insertion (radial, femoral, and axillary) [342], colonization of catheters inserted in the femoral site occurs more often [158]. In addition, a prospective observational study of over 2,900 arterial catheters that were inserted using maximum barrier precautions demonstrated an almost 8-fold increase in the incidence of CRBSI when the femoral site was used compared with the radial site [343]. Furthermore, there is a greater risk of CRBSI caused by gram-negative bacteria when the femoral site is used [343]. The rates of catheter colonization and CRBSI appear similar between the radial and dorsalis pedis sites [157]. The risk of developing a CRBSI increases with the duration of catheterization [166, 344]; however, the routine changing of arterial catheters at scheduled times does not result in a diminution of the risk of CRBSI [165]. Catheters that need to be in place for >5 days should not be routinely changed if no evidence of infection is observed.

## Replacement of Administration Sets

### Recommendations

1. In patients not receiving blood, blood products or fat emulsions, replace administration sets that are continuously used, including secondary sets and add-on devices, no more frequently than at 96-hour intervals, [177] but at least every 7 days [178–181]. Category IA
2. No recommendation can be made regarding the frequency for replacing intermittently used administration sets.

Unresolved issue

3. No recommendation can be made regarding the frequency for replacing needles to access implantable ports. Unresolved issue
4. Replace tubing used to administer blood, blood products, or fat emulsions (those combined with amino acids and glucose in a 3-in-1 admixture or infused separately) within 24 hours of initiating the infusion [182–185]. Category IB
5. Replace tubing used to administer propofol infusions every 6 or 12 hours, when the vial is changed, per the manufacturer's recommendation (FDA website Medwatch) [186]. Category IA
6. No recommendation can be made regarding the length of time a needle used to access implanted ports can remain in place. Unresolved issue

## Background

The optimal interval for routine replacement of IV administration sets has been examined in a number of well-controlled studies and meta-analyses. Data from these studies reveal that replacing administration sets no more frequently than 72–96 hours after initiation of use is safe and cost-effective [141, 177, 179–181]. More recent studies suggest that administration sets may be used safely for up to 7 days if used in conjunction with antiseptic catheters or if fluids that enhance microbial growth (e.g., parenteral nutrition or blood) have not been used [216, 345]. When a fluid that enhances microbial growth is infused (e.g., fat emulsions and blood products), more frequent changes of administration sets are indicated as these products have been identified as independent risk factors for CRBSI [182, 216, 346–350]. Little data exist regarding the length of time a needle used to access implanted ports can remain in place and the risk of CRBSI. While some centers have left them in place for several weeks without CRBSI, [351], this practice has not been adequately studied.

## Needleless Intravascular Catheter Systems

### Recommendations

1. Change the needleless components at least as frequently as the administration set. There is no benefit to changing these more frequently than every 72 hours. [39, 187–193]. Category II
2. Change needleless connectors no more frequently than every 72 hours or according to manufacturers' recommendations for the purpose of reducing infection rates [187, 189, 192, 193]. Category II
3. Ensure that all components of the system are compatible to minimize leaks and breaks in the system [194]. Category II
4. Minimize contamination risk by scrubbing the access port with an appropriate antiseptic (chlorhexidine, povidone iodine, an iodophor, or 70% alcohol) and accessing the port only with sterile devices [189, 192, 194–196]. Category IA
5. Use a needleless system to access IV tubing. Category IC
6. When needleless systems are used, a split septum valve may be preferred over some mechanical valves due to increased risk of infection with the mechanical valves [197–200]. Category II

## Background

Stopcocks used for injection of medications, administration of IV infusions, and collection of blood samples represent a potential portal of entry for microorganisms into vascular access catheters and IV fluids. Whether such contamination is a substantial entry point of microorganisms that cause CRBSI has not been demonstrated. Nonetheless, stopcocks should be capped when not being used. In general, closed catheter access systems are associated with fewer CRBSIs than open systems and should be used preferentially [352].

"Piggyback" systems (secondary intermittent infusions delivered through a port on a primary infusion set) are used as an alternative to stopcocks. However, they also pose a risk for contamination of the intravascular fluid if the device entering the rubber membrane of an injection port is exposed to air or if it comes into direct contact with nonsterile tape used to fix the needle to the port. Modified piggyback systems have the potential to prevent contamination at these sites [353].

Attempts to reduce the incidence of sharps injuries and the resultant risk for transmission of bloodborne infections to healthcare personnel have led to the introduction and mandating of needleless infusion systems. There are several types of needleless connectors on the market.

The first type of needleless system connectors consisted of a split septum connector, which is accessed with a blunt cannula instead of a needle (external cannulae activated split septums). Because of the large amount of space in the connector to accommodate the cannula, when the cannula is removed it may result in the creation of negative pressure which may cause blood to be aspirated into the distal lumen, possibly increasing the risk of catheter occlusion or thrombosis. A luer-activated device, which incorporates a valve preventing the outflow of fluid through the connector, was designed to eliminate this problem. Some luer devices require a cap to be attached to the valve when not in use, which can be difficult to maintain aseptically, and therefore they may be prone to contamination.

Another type of second-generation needleless system addressed the occlusion issue by incorporating positive or neutral fluid

displacement to either flush out aspirated blood or prevent its aspiration into infusion catheters.

Use of needleless connectors or mechanical valves appear to be effective in reducing connector colonization in some [196, 354, 355], but not all studies [356] when compared with stopcocks and caps. In one study [354], the incidence of CRBSI was reduced when the needleless connector was compared with standard stopcocks. Appropriate disinfectants must be used to prevent transmission of microbes through connectors [357]. Some studies have shown that disinfection of the devices with chlorhexidine/ alcohol solutions appears to be most effective in reducing colonization [195, 196]. In addition, the time spent applying the disinfectant may be important. One study found that swiping the luer-activated device with 70% alcohol for only 3 to 5 seconds did not adequately disinfect the septal surface [358]. However, a number of outbreak investigations have reported increases in CRBSIs associated with a switch from external cannulae activated split septum needleless devices to mechanical valve devices [197, 198, 200, 359]. The reasons for these associations are not known and it is also not known if this is a device-specific or class association, particularly as physical and mechanical properties of needleless connectors vary from device to device. In addition, one investigation found CRBSIs increased with the switch from a luer-activated negative displacement mechanical valve to a luer-activated positive fluid displacement mechanical valve [199]. However in an observational study, a switch from a luer-activated negative displacement mechanical valve to a different luer-activated positive displacement mechanical valve as part of a bundled intervention resulted in a significant decrease in CRBSIs [201]. Potential explanations for outbreaks associated with these devices include difficulty encountered in adequate disinfection of the surface of the connector due to physical characteristics of the plastic housing diaphragm interface, fluid flow properties (laminar vs. turbulent), internal surface area, potential fluid dead space, inadequate flushing of the device due to poor visualization of the fluid flow pathway in opaque devices, and the presence of internal corrugations that could harbor organisms, particularly if the catheters are used to withdraw blood [199]. Some studies have shown that the increase in CRBSIs with the change to lueractivated devices may be related to improper cleaning and infection control practices such as infrequently changing the devices [192, 194]. Additionally, silver-coated connector valves have been FDA approved; however, there are no published randomized trials with this device and no recommendation can be made regarding its use. Likewise, an antiseptic-barrier cap for needleless connectors has been studied in a laboratory setting and appears to be effective in preventing the entry of microorganisms [360], but has not yet been studied in a clinical trial.

## Performance Improvement

### Recommendation

Use hospital-specific or collaborative-based performance improvement initiatives in which multifaceted strategies are “bundled” together to improve compliance with evidence-based recommended practices [15, 69, 70, 201–205]. Category IB

### Background

Clinical decision makers, healthcare payers, and patient safety advocates emphasize the importance of translating research findings into everyday practice. Rigorous evaluations of CRBSI preventive practices using study designs with high internal validity and including study populations that optimize external validity remain necessary. Once practices have been determined to be effective and economically efficient, the next step is to implement these evidence-based practices so they become part of routine clinical care. Unfortunately, implementation of evidence-based CRBSI preventive practices in U.S. hospitals has been suboptimal [361, 362]. In a national survey conducted in March 2005 of over 700 U.S. hospitals, approximately one quarter of U.S. hospitals indicated that either maximal sterile barrier precautions during central line insertion or chlorhexidine gluconate as site disinfectant, two practices widely recommended in the guidelines published in 2002 [363], were not being used routinely [364]. Approximately 15% of U.S. hospitals reported routinely changing CVCs to prevent infection despite evidence that this practice should no longer be used [362, 364].

Accordingly, investigators have attempted various approaches to better translate research findings and evidence-based recommendations into clinical practice. Numerous quality improvement studies have been published during the past several years that have used various methods, such as education of healthcare personnel, audit and feedback, organizational change, and clinical reminders [8–11, 69, 70, 202, 365–367]. The educational interventions primarily targeted hand hygiene, use of maximal sterile barriers during insertion, appropriate insertion site selection, proper site care using chlorhexidine gluconate, and prompt removal of unnecessary catheters. While a large number of before-and-after studies with a few using concurrent control groups [15, 70] have been published, no randomized, controlled trial evaluating a quality improvement strategy to prevent CRBSI has been reported [368]. The vast majority of before-and-after studies reported statistically significant decreases in CRBSI rates after a quality improvement strategy was implemented [368]. Additionally, both controlled trials also found statistically significant reductions of CRBSI in the intervention units compared with control units [15, 70].

Investigators have also employed multifaceted approaches in which several strategies are bundled together to improve compliance with evidence-based guidelines [15, 69, 70]. One such collaborative cohort study [69] of 108 ICUs in Michigan targeted clinicians' use of five evidence-based practices: hand hygiene, maximum barrier precautions, chlorhexidine site disinfection, avoiding the femoral site, and promptly removing unnecessary central venous catheters. In addition to educating clinicians about CRBSI prevention, interventions used included: 1) a central venous catheter cart that contained all the necessary supplies; 2) a checklist to ensure adherence to proper practices; 3) stoppage of procedures in non-emergent situations, if evidence-based practices were not being followed; 4) prompt removal of unnecessary central catheters identified during daily patient rounds; 5) feedback to the clinical teams regarding the number of CRBSI episodes and overall rates; and 6) buy-in from the chief executive officers of the participating hospitals that chlorhexidine gluconate products/solutions would be stocked prior to study initiation. Using an

interrupted time series analysis and multivariable regression, the investigators reported a statistically significant 66% decrease in CRBSI rates approximately 18 months after the intervention began [69] and sustained reductions over time [369]. Specific process and outcome measures for tracking and feedback (i.e rate of central line infections, proportion of central lines placed with all or individual bundle elements performed AND documented) should be identified in individual institutions based on areas that have been identified for performance improvement.

Finally, emphasis on the care and maintenance of catheters once they are in place should be a focus of performance improvement and quality assurance in all programs. A study to assess practice and staff knowledge of CVC post-insertion care and identify aspects of CVC care with potential for improvement revealed several areas of opportunity to improve post-insertion care [370]. Data were recorded on 151 CVCs in 106 patients giving a total of 721 catheter days. In all, 323 breaches in care were identified giving a failure rate of 44.8%, with significant differences between intensive care unit (ICU) and non-ICU wards. Dressings (not intact) and caps (incorrectly placed) were identified as the major lapses in CVC care with 158 and 156 breaches per 1000 catheter days, respectively. Interventions to improve reliability of care should focus on making the implementation of best practice easier to achieve.