

「血管内カテーテル関連感染予防のためのCDCガイドライン2011」発行にあたり

ドラフト発出から2年弱、正式な発行を心待ちにしていた本ガイドラインが、去る4月1日、正式に発行された。本ガイドラインは2002年版の改訂という位置づけであり、この10年弱の間に得られたエビデンスを追加して加筆修正されている。

この10年間、BSIを低減させるための様々な技術が開発された。その背景には、BSIの発生原因の多くが皮膚の常在細菌叢のカテーテルに沿った血管内迷入とカテーテルハブからの細菌の混入であることが明確になり、的を絞った感染対策のための器材開発をメーカーが行ってきたことがあげられる。具体的には、刺入部に対してはクロルヘキシジン含有ドレッシング、カテーテルそのものの材質として抗菌薬や消毒薬を含浸した製剤、ハブの汚染防止のための機構などである。研究の質も時代と共に向上しており、多施設における無作為化比較試験など統計学的に力の強い研究結果に支えられ、本ガイドラインではこれらに対して様々なレベルの正の推奨（使用を勧める）がなされている。

一方で、末梢ラインの刺し替えや輸液セットの交換の適正頻度など、単純な点でありながら未解決な点も少なくない。これらについては、メーカーが支援する研究が必ずしも容易でないなど、明確にされるにあたって障害も多いのではないかと推測する。さらに、感染対策以外の様々な要因（医療安全など）も考慮に入れながら改訂に当たったと思われる。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。

さらに、基本的な感染対策にも焦点が当てられている。推奨の冒頭にスタッフの教育やトレーニング、そして十分な人員の配置などがうたわれ、これらの基礎の上に様々な感染対策が成り立っていることを改めて感じさせられる。また、バンドルアプローチ（良いと考えられる対策をひとまとまりにして、確実に実行する）にも言及しているが、これは裏を返せば現場での感染対策の遵守度がなかなか向上しないことの現れであろう。

本ガイドラインの推奨を活用するには、なぜそういった推奨がなされているかという背景の部分も是非一緒に読んで頂きたい。本翻訳が、感染対策担当者である読者の方々が現場スタッフを納得させる一助となれば幸いである。

最後に、発刊にあたり多大なる尽力を賜ったスリーエムヘルスケアの関係者の皆様には、心より御礼を申し上げる次第である。

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 Contents

読者の皆様へ	04
はじめに	05
推奨の要旨	
教育、訓練および職員配置	06
カテーテルおよびカテーテル挿入部位の選択	06
末梢静脈カテーテルおよび中間カテーテル	06
中心静脈カテーテル	06
手指衛生および無菌操作	07
高度無菌遮断予防策	07
皮膚消毒	07
カテーテル挿入部位のドレッシング法	08
患者の清拭	08
カテーテル固定器具	08
抗菌薬/消毒薬含有カテーテルおよびカフ	09
全身的抗菌薬予防投与	09
抗菌薬/消毒薬 軟膏	09
予防的抗菌薬ロック、抗菌薬カテーテルフラッシュおよび予防的カテーテルロック	09
抗凝固薬	09
末梢カテーテルおよび中間カテーテルの交換	09
PICCおよび透析カテーテルを含む中心静脈カテーテルの交換	09
臍帯カテーテル	10
成人および小児患者における末梢動脈カテーテルおよび圧モニタリング機器	10
輸液投与セットの交換	11
ニードルレス血管内カテーテルシステム	11
パフォーマンス向上	11

背景情報

用語およびリスクの推定	12
成人および小児患者における疫学および微生物学	12
病因論	14
成人および小児患者におけるカテーテル関連血流感染予防のための方策	15
教育、訓練および職員配置	15
カテーテルおよびカテーテル挿入部位の選択	16
末梢静脈カテーテルおよび中間カテーテルにおける推奨	16
中心静脈カテーテルにおける推奨	16
手指衛生および無菌操作	18
高度無菌遮断予防策	18
皮膚消毒	19
カテーテル挿入部位のドレッシング法	20
患者の清拭	22
カテーテル固定器具	22
抗菌薬/消毒薬含有カテーテルおよびカフ	23
全身的抗菌薬予防投与	24
抗菌薬/消毒薬軟膏	25
予防的抗菌薬ロック、抗菌薬カテーテルフラッシュおよび予防的カテーテルロック	26
抗凝固薬	27
末梢カテーテルおよび中間カテーテルの交換	28
PICC および透析カテーテルを含む中心静脈カテーテルの交換	29
臍帯カテーテル	31
成人および小児患者における末梢動脈カテーテルおよび圧モニタリング機器	32
輸液投与セットの交換	34
ニードルレス血管内カテーテルシステム	35
パフォーマンス向上	36
参考文献	38

読者の皆様へ

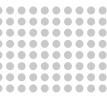
2009年に、米国疾病管理予防センター（CDC）と医療感染管理対策諮問委員会（HICPAC）は、その開発プロセス（<http://www.cdc.gov/hicpac/guidelineMethod/guidelineMethod.html>）に、ガイドライン作成および実施におけるこれまでの進展を統合した。新しい開発プロセスにより、CDCおよびHICPACはそのガイドラインの妥当性および有用性を改善し、感染予防・感染管理の領域におけるガイドライン開発において新たに発生してくる課題に対応することができる。しかしながら、「血管内カテーテル関連感染予防のためのガイドライン」は、開発プロセスの改訂前に作成が開始された。そのため、このガイドラインは、2009年以前に作成されたガイドラインに使用された開発プロセスを反映している。次回改訂は、新しい開発プロセスに基づき行われるだろう。

このガイドラインは、血管内カテーテルを挿入する医療従事者および病院、診療所、在宅ケア領域における感染症サーベイランスおよび感染管理に携わる人々のために策定された。このレポートは、集中治療医学、感染症学、医療感染管理学、外科学、麻酔科学、侵襲的放射線学、呼吸器医学、小児医学および看護学の各分野を代表する専門家組織のメンバーで構成されるワーキンググループにより作成された。このワーキンググループは Infectious Disease Society of America（米国感染症学会、IDSA）、Society for Healthcare Epidemiology of America（米国医療疫学学会、SHEA）、Surgical Infection Society（外科感染症学会、SIS）、American College of Chest Physicians（米国胸部疾患専門医学会、ACCP）、American Thoracic Society（米国胸部学会、ATS）、American Society of Critical Care Anesthesiologists（米国集中治療麻酔専門医学会、ASCCA）、Association for Professionals in Infection Control and Epidemiology（米国感染管理専門家協会、APIC）、Infusion Nurses Society（輸液看護師協会、INS）、Oncology Nursing Society（がん看護学会、ONS）、American Society for Parenteral and Enteral Nutrition（米国静脈経腸栄養学会、ASPEN）、Society of Interventional Radiology（インターベンショナルラジオロジー学会、SIR）、American Academy of Pediatrics（米国小児科学会、AAP）、Pediatric Infectious Diseases Society（米国小児感染症学会、PIDS）、the Centers for Disease

Control and Prevention（米国疾病管理予防センター、CDC）の Healthcare Infection Control Practices Advisory Committee（医療感染管理対策諮問委員会、HICPAC）の協力を得て、Society of Critical Care Medicine（集中治療医学会、SCCM）が主導し、2002年に発表した血管内カテーテル関連感染予防のためのガイドラインの改訂を目指した。このガイドラインは血管内カテーテル関連感染予防のためにエビデンスに基づいた推奨を提供することを目的としている。強調されている主な項目は、1) カテーテルを挿入し、管理する医療従事者を教育・訓練すること、2) 中心静脈カテーテル挿入時に高度無菌遮断予防策を実施すること、3) 0.5%以上の濃度のクロルヘキシジナルコール製剤を皮膚消毒時に使用すること、4) 感染を予防するための方策として中心静脈カテーテルを定期的に交換することを避けること、および5) その他の方策（教育・訓練、高度無菌遮断予防策および0.5%以上の濃度のクロルヘキシジナルコール製剤による皮膚消毒）を遵守しているにもかかわらず感染率が減少しない場合には、消毒薬/抗菌薬を含有した短期留置用中心静脈カテーテルおよびクロルヘキシジン含有スポンジドレッシングを使用することである。また、このガイドラインは各方策をバンドル化して実施することでパフォーマンスが向上すること、パフォーマンス向上および品質保証のベンチマークとして、バンドルの全ての項目の遵守率を記録し、報告することを強調している。

CDCおよびHICPACが以前に発表したガイドラインと同様に、各推奨は現時点での科学的データ、理論的根拠、適用可能性、および経済的インパクトに基づいて分類されている。推奨の分類方法は以下のとおりである。

- カテゴリー IA**… 実施が強く推奨され、適切にデザインされた実験的、臨床的または疫学的研究によって強く支持されるもの
- カテゴリー IB**… 実施が強く推奨され、いくつかの実験的、臨床的または疫学的研究および強い理論的根拠によって支持されるもの、またはエビデンスは限られているが広く認められた手技（無菌操作など）
- カテゴリー IC**… 州または連邦政府の法律、規則、基準によって要求されるもの
- カテゴリー II**… 実施が提案され、示唆的な臨床的、疫学的研究または理論的根拠により支持されるもの
- 未解決問題**… 十分なエビデンスがない、またはその効果に関してコンセンサスが得られていないため未解決問題とされるもの



はじめに

米国の集中治療室（ICU）における延べ中心静脈カテーテル（CVC）使用日数（任意期間中に任意集団に属する全患者が中心静脈カテーテルを使用されていた総日数）は、年間 1500 万日である^[1]。カテーテル関連血流感染（CRBSI）についてさまざまな形で研究が行われてきた。CRBSI は、単独で医療費を増加させ、入院期間を延長させるが^[2-5]、単独で死亡率を上昇させるかどうかについては示されていない。ICU では年間 80,000 件の CRBSI が発生しており^[1]、病院全体では年間 250,000 件の CRBSI が発生していると推測されている^[6]。いくつかの分析によれば、これらの感染にかかる負担は、有病率および費やされる経済的資源の双方においてきわめて大きい。患者の転帰を改善し、医療費を軽減するため、医療従事者、保険会社、規制当局、患者擁護団体は、こうした感染の発生率を低下させることに大きな関心を寄せている。このような取り組みは、CVC の挿入および抜去を指示する医療専門職、血管内カテーテルの挿入および管理を行う医療従事者、感染管理担当者、最高経営責任者から資源配分担当者までを含む医療管理者、および自身のカテーテル管理を補助できる患者が関与する、集学的な取り組みであるべきである。

効果的な予防プログラムは、あらゆる患者ケア領域から CRBSI を排除することを目標とするべきである。これは困難な目標ではあるが、複数のプログラムが成功している。しかしながら、CRBSI の排除を維持するためには継続的な取り組みが必要となる。この文書で論じる対策の目標は、対象とする特定の患者集団を考慮し、人間の生活環境ではあらゆる場所に微生物が存在すること、また現在の方策や技術には限界があることを認識した上で、CRBSI の発生率を可能な限り低く抑えることである。

推奨の要旨

教育、訓練および職員配置

1. 血管内カテーテル使用の適応、血管内カテーテルの挿入および維持管理に関する適切な手順、および血管内カテーテル関連感染を予防するための適切な感染管理対策に関して、医療従事者の教育を行う^[7-15]。**カテゴリー IA**
2. 血管内カテーテルの挿入および維持管理に関わるすべての人に関して、ガイドラインに関する知識およびガイドラインの遵守を定期的に評価する^[7-15]。**カテゴリー IA**
3. 末梢静脈および中心静脈カテーテルの挿入および維持管理を行う能力のある、訓練された職員のみを任命する^[14-28]。**カテゴリー IA**
4. ICUにおける適切な看護職員数を確保する。看護師がCVCを挿入された患者を管理しているICUにおいて、看護師の予備要員割合の高さや患者対看護師比率の増加がCRBSIと関係していることが、観察研究から示唆されている^[29-31]。**カテゴリー IB**

カテーテルおよびカテーテル挿入部位の選択

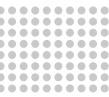
末梢静脈カテーテルおよび中間カテーテル

1. 成人においては、カテーテル挿入部位として上肢を使用する。下肢に挿入されたカテーテルは、できるだけ早く上肢に入れ替える。**カテゴリー II**
2. 小児患者においては、カテーテル挿入部位として上肢、下肢、頭皮(新生児または初期乳児において)を使用できる^[32, 33]。**カテゴリー II**
3. 意図する目的、使用期間、既知の感染性および非感染性合併症(静脈炎、浸潤など)、ならびにカテーテルを操作する者の個々の経験を考慮してカテーテルを選択する^[33-35]。**カテゴリー IB**
4. 血管外に漏出すると組織壊死を引き起こす可能性のある輸液製剤および薬剤の投与には、金属針の使用は避ける^[33, 34]。**カテゴリー IA**

5. 静注療法が6日間を超えることが予想される場合には、短い末梢静脈カテーテルの代わりに、中間カテーテルまたは末梢静脈挿入型中心静脈カテーテル(peripherally inserted central catheter、PICC)を使用する。**カテゴリー II**
6. 圧痛を判別するためにドレッシングの上から触診することによって、および透明ドレッシングを使用している場合は視診によって、カテーテル挿入部位を毎日評価する。ガーゼや不透明ドレッシングは、臨床的感染徴候がみられない場合に剥がすべきではない。局所圧痛またはその他のCRBSIを疑わせる徴候がある場合は、不透明ドレッシングを除去して挿入部位を視診により点検する。**カテゴリー II**
7. 静脈炎(熱感、圧痛、紅斑、触知可能な静脈索)、感染、またはカテーテルが正常に機能しない徴候がある場合、末梢静脈カテーテルを抜去する^[36]。**カテゴリー IB**

中心静脈カテーテル

1. 感染性合併症を減少させるために推奨される部位に中心静脈アクセス器具を留置するメリットと、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、血栓症、空気塞栓、およびカテーテルの誤留置)のリスクを天秤にかける^[37-53]。**カテゴリー IA**
2. 成人における中心静脈へのアクセスとして大腿静脈の使用は避ける^[38, 50, 51, 54]。**カテゴリー IA**
3. 成人においては、非トンネル型CVCの留置による感染リスクを最小限にするため、内頸または大腿部位ではなく、鎖骨下部位を使用する^[50-52]。**カテゴリー IB**
4. トンネル型CVCの感染リスクを最小限にするための望ましい挿入部位に関する推奨はない。**未解決問題**
5. 血液透析や重度の腎疾患患者では、鎖骨下静脈の狭窄を避けるために鎖骨下部位を避ける^[53, 55-58]。**カテゴリー IA**
6. 慢性腎不全患者における血液透析の恒久的なアクセスにはCVCではなく動静脈シャントまたはグラフトを使用する^[59]。**カテゴリー IA**



7. 挿入試行回数および機械的合併症を軽減させるため、超音波ガイダンスが利用できる場合は、これを使用して中心静脈カテーテルを留置する。超音波ガイダンスはその使用方法について十分に訓練を受けた職員のみが使用すべきである^[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およびルーメン数をもつCVCを使用する^[65-68]。**カテゴリー IB**

9. 静脈栄養のために特定のルーメンを設けて使用することに関する推奨はない。**未解決問題**

10. もはや必須でなくなった血管内カテーテルは早急に抜去する^[69-72]。**カテゴリー IA**

11. 無菌操作の遵守が確認できない場合(すなわち、カテーテルが医学的緊急状況下で挿入されたとき)は、可能な限り早く、すなわち48時間以内に交換する^[37,73-76]。

カテゴリー IB

手指衛生および無菌操作

1. 石鹸と水を用いた従来の手洗いまたはアルコールベースの擦式手指消毒薬 (ABHR) による手指衛生を実施する。血管内カテーテルの挿入、交換、アクセス、補修またはドレッシングを行う前後と同様に、カテーテル挿入部位の触診前後に手指衛生を実施する。無菌操作が継続される場合を除き、消毒薬塗布後には挿入部位の触診を行うべきではない^[12,77-79]。**カテゴリー IB**

2. 血管内カテーテルの挿入およびケアのために無菌操作を維持する^[37,73,74,76]。**カテゴリー IB**

3. 皮膚消毒後にアクセス部位に触れない場合は、末梢静脈カテーテルの挿入には滅菌手袋ではなく清潔手袋を着用する。**カテゴリー IC**

4. 動脈カテーテル、中心静脈カテーテル、および中間カテーテルの挿入には滅菌手袋を着用するべきである^[37,73,74,76]。**カテゴリー IA**

5. ガイドワイヤーによる交換を行うとき、新しいカテーテルを取り扱う前に新しい滅菌手袋を使用する。

カテゴリー II

6. 血管内カテーテル上のドレッシングを交換するときには清潔または滅菌手袋を着用する。**カテゴリー IC**

高度無菌遮断予防策

1. CVC、PICCの挿入またはガイドワイヤーを用いた交換に、キャップ、マスク、滅菌ガウン、滅菌手袋および全身用滅菌ドレープの使用を含む高度無菌遮断予防策を行う。

^[14,75,76,80]。**カテゴリー IB**

2. 肺動脈カテーテルを保護するためにカテーテル挿入時に滅菌スリーブを使用する^[81]。**カテゴリー IB**

皮膚消毒

1. 末梢静脈カテーテルの挿入前に消毒薬 (70%アルコール、ヨードアルコール溶液、ヨードホールまたはクロルヘキシジングルコン酸塩)を用いて皮膚消毒を行う^[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の挿入時およびドレッシング交換時には0.5%以上のクロルヘキシジナルアルコール製剤を用いて皮膚消毒を行う。クロルヘキシジンの使用が禁忌の場合は、代わりにヨードアルコール溶液、ヨードホール、または70%アルコールを使用できる^[82,83]。**カテゴリー IA**

3. クロルヘキシジナルアルコール製剤およびポビドンヨードアルコール製剤の皮膚消毒薬としての比較は行われていない。**未解決問題**

4. 2ヵ月未満の乳児におけるクロルヘキシジンの安全性および有効性に関する推奨はない。**未解決問題**

5. カテーテルの留置前に消毒薬はメーカーの推奨に従って乾燥させるべきである^[82,83]。**カテゴリー IB**

カテーテル挿入部位のドレッシング法

1. カテーテル挿入部位を被覆するために滅菌ガーゼまたは滅菌透明半透過性ドレッシングを使用する^[84-87]。

カテゴリー IA

2. 患者が発汗している場合または挿入部位から出血または滲出液漏出がある場合は、これが解消するまでガーゼドレッシングを使用する^[84-87]。**カテゴリー II**

3. ドレッシングが湿ったり、緩んだり、目に見えて汚れたりした場合は、挿入部位のドレッシングを交換する^[84, 85]。

カテゴリー IB

4. 抗菌薬軟膏またはクリームは真菌感染と抗菌薬耐性を助長する可能性があるため、血液透析カテーテルを除き、挿入部位に局所的に使用しない^[88, 89]。**カテゴリー IB**

5. カテーテルおよびカテーテル挿入部位を水に浸さない。カテーテル内部に微生物が入る可能性を減少させるための予防策（カテーテルおよび接続器具をシャワー中に不透過性カバーで保護するなど）が講じられている場合はシャワーの使用は許される^[90-92]。**カテゴリー IB**

6. 短期留置用CVCに使用されたドレッシングがガーゼの場合は2日ごとに交換する。**カテゴリー II**

7. 短期留置用CVCに使用されたドレッシングが透明ドレッシングの場合は少なくとも7日ごとに交換する。ただし、ドレッシング交換のベネフィットよりカテーテル抜去のリスクの方が重大であるような小児患者を除く^[87, 93]。**カテゴリー IB**

8. トンネル型または埋め込み型のCVC挿入部位に使用した透明ドレッシングは、挿入部位が治癒するまで、（ドレッシングが汚れたり、緩んだりしていないのであれば）週1回より頻回に交換しない。**カテゴリー II**

9. 十分に治癒した長期留置用カフつきトンネル型CVC挿入部位のドレッシングの必要性に関する推奨はない。

未解決問題

10. カテーテル挿入部位のケア方法がカテーテルの材質に適合しているかどうかを確認する^[94, 95]。**カテゴリー IB**

11. すべての肺動脈カテーテルには滅菌スリーブを使用する^[81]。**カテゴリー IB**

12. 教育・訓練、クロルヘキシジンによる適切な皮膚消毒、および高度無菌遮断予防策などの基本的な予防策を遵守しているにもかかわらずCLABSI発生率が減少しない場合には、生後2カ月を超える患者において、一時的な短期留置用カテーテルにクロルヘキシジン含有スポンジドレッシングを使用する^[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関する推奨はない。**未解決問題**

14. ドレッシングの交換の際の視診または損傷のないドレッシングを介した触診によりカテーテル挿入部位を、個々の患者の状態にあわせて定期的に観察する。カテーテル挿入部位の圧痛、不明熱、またはその他の局所感染または血流感染を疑わせる徴候がある場合は、挿入部位を十分に検査するためにドレッシングを除去する^[99-101]。

カテゴリー IB

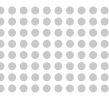
15. カテーテル挿入部位の何らかの変化または新たな不快感が生じた場合、担当の医療従事者に報告するよう患者を促す。**カテゴリー II**

患者の清拭

CRBSIを低減するために2%のクロルヘキシジンによる患者清拭を毎日行う^[102-104]。**カテゴリー II**

カテーテル固定器具

血管内カテーテルによる感染のリスクを低減するために無縫合性固定器具を使用する^[105]。**カテゴリー II**



抗菌薬/消毒薬含有カテーテルおよびカフ

CLABSI発生率を低減するための包括的な方策がきちんと実施されているにもかかわらずCLABSI発生率が低下しない場合は、5日を超えてカテーテルを留置することが予想される患者に対し、クロルヘキシジン/スルファジアジン銀またはミノサイクリン/リファンピン含有CVCを使用する。包括的な方策は少なくとも以下の3要素を含んでいる。すなわち、カテーテルの挿入および維持管理を行う職員の教育、CVC挿入時における高度無菌遮断予防策の実施および0.5%以上のクロルヘキシジンアルコール製剤による皮膚消毒である^[106-113]。カテゴリーIA

全身的抗菌薬予防投与

カテーテルの細菌定着またはCRBSIを予防するために、血管内カテーテルの挿入前または使用中にルーチンに全身的抗菌薬予防投与を行わない^[114]。カテゴリーIB

抗菌薬/消毒薬 軟膏

血液透析カテーテルの挿入後および透析療法の各終了後に血液透析カテーテルの挿入部位にポビドンヨード消毒軟膏またはバシトラシン/グラミシジン/ポリミキシンB軟膏を使用する。ただし、メーカーの推奨に照らしてこの軟膏が血液透析カテーテルの材質に影響を及ぼさない場合に限る^[59, 115-119]。カテゴリーIB

予防的抗菌薬ロック、抗菌薬カテーテルフラッシュおよび予防的カテーテルロック

長期留置カテーテルをもつ患者で、無菌操作が最適かつ最高に遵守されていたにもかかわらず複数回のCRBSI既往を有する患者では、予防的抗菌薬ロック溶液を使用する^[120-138]。カテゴリーII

抗凝固薬

一般的な患者集団において、カテーテル関連感染のリスクを低減するためにルーチンに抗凝固薬療法は行わない^[139]。カテゴリーII

末梢カテーテルおよび中間カテーテルの交換

1. 成人においては感染および静脈炎のリスクを低減するために72-96時間ごとより頻繁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. 成人においては末梢カテーテルを臨床的に必要な場合にのみ交換することに関する推奨はない^[142-144]。未解決問題
3. 小児においては末梢カテーテルを臨床的に必要な場合にのみ交換する^[32, 33]。カテゴリーIB
4. 中間カテーテルは明確な適応がある場合にのみ交換する。カテゴリーII

PICCおよび透析カテーテルを含む中心静脈カテーテルの交換

1. カテーテル関連感染を予防するためにCVC、PICC、血液透析カテーテルまたは肺動脈カテーテルを定期的に変換しない。カテゴリーIB
2. CVCまたはPICCを発熱のみを理由に抜去しない。ほかの部位に感染のエビデンスがあるか、非感染性の発熱の原因が疑われる場合、カテーテル抜去の適否に関しては臨床的に判断する。カテゴリーII
3. 感染を予防するために、非トンネル型カテーテルに関して日常的にガイドワイヤーによる交換を行わない。カテゴリーIB
4. 感染が疑われる非トンネル型カテーテルについてはガイドワイヤーによる交換を行わない。カテゴリーIB

5. 正常に機能しなくなった非トンネル型カテーテルについては、感染のエビデンスがない場合、ガイドワイヤーによる交換を行う。**カテゴリー IB**

6. ガイドワイヤーによる交換を行うとき、新しいカテーテルを取り扱う前に新しい滅菌手袋を使用する。**カテゴリー II**

臍帯カテーテル

1. CRBSIや下肢の血管の機能不全、血栓症の何らかの徴候がみられた場合は、臍帯動脈カテーテルを抜去し、入れ替えない^[145]。**カテゴリー II**

2. CRBSIまたは血栓症の何らかの徴候がみられた場合には、臍帯静脈カテーテルを抜去し、入れ替えない^[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で臍帯カテーテルの温存を試みることに関する推奨はない。

未解決問題

4. カテーテルを挿入する前に臍帯の挿入部位を消毒薬で清拭する。ヨードアルコール溶液は新生児の甲状腺に影響を及ぼす可能性があるため避ける。他のヨード製剤（ポビドンヨードなど）は使用可能である^[146-150]。**カテゴリー IB**

5. 局所抗菌薬軟膏またはクリームは真菌感染と抗菌薬耐性を助長する可能性があるため、臍帯カテーテル挿入部位に使用しない^[88, 89]。**カテゴリー IA**

6. 臍帯動脈カテーテルを通して注入される輸液に少量のヘパリン(0.25-1.0U/ml)を添加する^[151-153]。**カテゴリー IB**

7. もはや必要でない場合、または下肢に血管不全の徴候がみられる場合は可能な限り早く臍帯カテーテルを抜去する。臍帯動脈カテーテルは5日を超えて留置しないことが望ましい^[145, 154]。**カテゴリー II**

8. 臍帯静脈カテーテルは必要がなくなった場合、可能な限り早く抜去すべきであるが、無菌的に管理される場合は、14日まで使用することができる^[155, 156]。**カテゴリー II**

9. 臍帯カテーテルが正常に機能せず、カテーテルを抜去すべき他の徴候がなく、総カテーテル留置期間が臍動脈カテーテルで5日間、臍静脈カテーテルで14日間を超えない場合には、カテーテルを交換することができる。

カテゴリー II

成人および小児患者における末梢動脈カテーテルおよび圧モニタリング機器

1. 感染リスクを低減するため、成人においては挿入部位として大腿動脈または腋窩動脈より、橈骨、上腕または足背動脈を使用することが望ましい^[46, 47, 157, 158]。**カテゴリー IB**

2. 小児においては上腕動脈は使用すべきではない。大腿動脈または腋窩動脈より、橈骨、足背または後脛骨動脈を使用することが望ましい^[46]。**カテゴリー II**

3. 末梢動脈カテーテルを挿入する際は、最低でもキャップ、マスク、滅菌手袋、および窓付きの小型滅菌ドレープを使用すべきである^[47, 158, 159]。**カテゴリー IB**

4. 腋窩動脈または大腿動脈へカテーテルを挿入する際は、高度無菌遮断予防策を実施すべきである。**カテゴリー II**

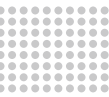
5. 動脈カテーテルは臨床的に必要な時にのみ交換する。**カテゴリー II**

6. 動脈カテーテルは、必要がなくなったら可能な限り早く抜去する。**カテゴリー II**

7. 可能であれば、再使用可能ではなく使い捨てのトランスデューサーアセンブリーを使用する^[160-164]。**カテゴリー IB**

8. カテーテル関連感染を予防するために定期的に動脈カテーテルを交換しない^[165, 166, 167, 168]。**カテゴリー II**

9. 使い捨てまたは再使用可能なトランスデューサーは96時間ごとに交換する。システムの他の構成部品(チューブ、持続フラッシュ器具およびフラッシュ溶液を含む)はトランスデューサーを交換するときに交換する^[37, 161]。**カテゴリー IB**



10. 圧モニタリングシステムのすべての構成部品（キャリブレーション器具およびフラッシュ溶液を含む）は無菌状態を維持する^[160, 169-171]。**カテゴリー IA**

11. 圧モニタリングシステムの操作およびシステムへの進入を最小限に抑える。圧モニタリングカテーテルの開存性を維持するため、開放式システム（シリンジおよび活栓が必要なシステム）ではなく、閉鎖式システム（連続フラッシュ）を使用する^[163, 172]。**カテゴリー II**

12. 圧モニタリングシステムに活栓ではなく隔膜を通してアクセスする場合、システムにアクセスする前に、適切な消毒薬で隔膜をよく拭く^[163]。**カテゴリー IA**

13. 圧モニタリング回路を通してブドウ糖含有溶液または静脈栄養輸液を投与しない^[163, 173, 174]。**カテゴリー IA**

14. 使い捨てのトランスデューサーが使用できない場合、再使用可能なトランスデューサーをメーカーの指示に従って滅菌する^[163, 173-176]。**カテゴリー IA**

輸液投与セットの交換

1. 血液、血液製剤または脂肪乳剤を投与していない患者において持続的に使用する輸液セットは、二次的セットや付属品を含め、96時間ごとより頻繁に交換しない^[177]、ただし、少なくとも7日ごとに交換する^[178-181]。**カテゴリー IA**

2. 間欠的に使用する輸液投与セットの交換頻度に関する推奨はない。**未解決問題**

3. 埋め込み型ポートにアクセスするための針の交換頻度に関する推奨はない。**未解決問題**

4. 血液、血液製剤または脂肪乳剤（3-in-1の形でアミノ酸およびブドウ糖と混合されるものまたは個別に注入されるものを含む）の投与に使用するチューブは、注入開始から24時間以内に交換する^[182-185]。**カテゴリー IB**

5. プロポフォールの投与に使用するチューブは、メーカーの推奨（FDA ウェブサイト Medwatch を参照）に従って、6

時間から12時間ごとにバイアルを交換する際に交換する^[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留置時間に関する推奨はない。**未解決問題**

ニードルレス血管内カテーテルシステム

1. ニードルレス血管内カテーテルシステムの構成部品は少なくとも輸液投与セットと同じ頻度で交換する。72時間ごとより頻繁に交換することによるメリットはない^[39, 187-193]。**カテゴリー II**

2. ニードルレスコネクターは、感染率を低減する目的で72時間ごとより頻繁にならないよう交換するか、メーカーの推奨に従って交換する^[187, 189, 192, 193]。**カテゴリー II**

3. 漏れや破損を最小限にするために、システムのすべての構成部品の適合性を確認する^[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、ヨードホールまたは70%アルコール）を用いてアクセスポートをよく拭き、滅菌された器具のみを用いてポートへアクセスすることによって、汚染のリスクを最小限にする^[189, 192, 194-196]。**カテゴリー IA**

5. 静注チューブにアクセスする際はニードルレスシステムを使用する。**カテゴリー IC**

6. いくつかのメカニカルバルブでは感染リスクが増加するため、ニードルレスシステムを使用する際は、それらのメカニカルバルブよりもスプリットセプタムが望ましいかもしれない^[197-200]。**カテゴリー II**

パフォーマンス向上

エビデンスに基づく推奨の遵守度を向上させるために、多面的な方策をバンドル化した、病院独自の取り組みまたは連携に基づいたパフォーマンス向上の取り組みを実施する^[15, 69, 70, 201-205]。**カテゴリー IB**

背景情報

用語およびリスクの推定

普段、多くの臨床家や研究者はカテーテルを様々な点で捉えた呼称を用いるため、異なる種類のカテーテルを特定するのに用いられる用語は混乱している。カテーテルは、それが挿入される血管の種類（末梢静脈、中心静脈、または動脈など）；意図する留置期間（一時的または短期留置 vs. 長期留置）；挿入部位（鎖骨下、大腿、内頸、末梢および末梢挿入型中心静脈カテーテル [PICC]）；その皮膚から血管までの経路（トンネル型・非トンネル型）；その物理的長さ（長い・短い）；またはカテーテルのいくつかの特徴（カフの有無、ヘパリン・抗菌薬または消毒薬の含有、およびルーメン数）によって呼称される。特定の種類のカテーテルを正確に定義するためには、これらすべての点について言及すべきである（表1）。

同様に、カテーテルに関連する血流感染（catheter-related bloodstream infection, CRBSI）と中心ライン関連血流感染（central line-associated bloodstream infection, CLABSI）は、異なる意味を持つにも関わらずしばしば入れ替わって使われるため、血管内カテーテル関連感染（intravascular catheter-related infection）を記述するのに用いられる用語も混乱している。

CRBSIは患者を診断し治療するとき用いられる臨床的定義であり、BSIの感染源としてカテーテルをより詳細に特定するための特有の検査を必要とする。CRBSIは通常サーベイランスの目的では使用されない。患者の臨床的ニーズ（必ずしもカテーテルは抜去されない）、利用可能な微生物学的検査が限られていること（多くの検査室では定量的血液培養や血液培養陽性までの時間差による診断を行わない）、直接ケアにあたる職員の診断手順に対する遵守度（CRBSIと判断することは正確でなければならない）により、BSIがCRBSIであることを正確に立証することにはしばしば問題がある。サーベイランスの目的ではより単純な定義がしばしば用いられる。たとえば、CLABSIはCDCのNational Healthcare Safety Network (NHSN) (NHSNのCLABSI informationを参照)^[206]により用いられる用語である。CLABSIはBSIが発症した時点からさかのぼって48時間の間に中心ラインを挿入されていた患者における原発性BSIであり、他の部位の感染に関連する血流感染ではない。しかしながら、一部のBSIは中心ライン以外の認

識することが難しい他の感染源（肺炎、粘膜炎など）による二次性のものであるため、CLABSIサーベイランスの定義はCRBSIの真の発生率を過大評価するかもしれない。

成人および小児患者における疫学および微生物学

全米における概算のCLABSIの発生率は、医療関連感染のサーベイランスシステムであるCDCのNHSNから入手でき、CDCのウェブサイトを利用可能である。最近公表された報告書は、1ヵ所以上のICUおよび/または非ICU（患者ケア区域、病棟など）において感染のモニタリングを行っている、48州およびコロンビア特別区の1,545病院から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および疾患の種類（Ⅲ度の熱傷や心臓手術後）といった患者に関連した要因、カテーテルに関連した要因（カテーテルが留置された状況やカテーテルの種類など）、および施設要因（病床数や大学病院か否かなど）により影響を受けるので、これらを総計し、リスクを調整した発生率を各施設が施設内あるいは施設間の比較を行うためのベンチマークとして用いることができる。

最も一般的に報告される起因菌は、依然としてコアグラウゼ陰性ブドウ球菌、黄色ブドウ球菌、腸球菌とカンジダ属である^[208]。グラム陰性桿菌は、CDCに報告されるCLABSIの19%^[209]、疫学的に重要な病原体の監視および制御（Surveillance and Control of Pathogens of Epidemiological Importance, SCOPE）のデータベースに報告されるCLABSIの21%^[208]を占めている。

特にICUでは、CRBSIの原因となる一般的な病原体すべてに関し、抗菌薬耐性が問題となる。メチシリン耐性黄色ブドウ球菌（MRSA）は、現在ICUにおける黄色ブドウ球菌分離株の50%を超える割合を占めるものの、おそらくは予防対策の結果と思われるが、MRSAによるCLABSIの発生率は近年低下している^[210]。グラム陰性桿菌においては、緑膿菌のイミペネムおよびセフトジジムに対する耐性が増加したように、肺炎桿菌および大腸菌の第三世代セファロスポリン系に対する抗菌薬耐性が顕著に増加している^[209]。カンジダ属のフルコナゾールに対する耐性も、益々認識されつつある。

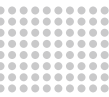


表 1. 静脈および動脈アクセスに用いられるカテーテル

カテーテルのタイプ	挿入部位	長さ	コメント
末梢静脈カテーテル	通常、前腕または手の静脈に挿入される	7.5cm 未満	長期使用による静脈炎；稀に血流感染を伴う
末梢動脈カテーテル	通常、橈骨動脈に挿入される。大腿、腋窩、上腕、後脛骨の各動脈に留置できる	7.5cm 未満	感染リスクは低い；稀に血流感染を伴う
中間カテーテル	前肘窩から近位尺側皮静脈または近位橈側皮静脈に挿入される；中心静脈には挿入されない、末梢カテーテル	7.5 ~ 20cm	ハイドロゲルエラストマー製のカテーテルでアナフィラキシー様反応が報告されている；短い末梢カテーテルよりも静脈炎の発生率が低い
非トンネル型中心静脈カテーテル	中心静脈（鎖骨下、内頸または大腿）に経皮的に挿入される	患者の体格に応じて8cm 以上	大半の CRBSI の原因
肺動脈カテーテル	フッ素樹脂製イントロデューサにより中心静脈（鎖骨下、内頸または大腿）に挿入される	患者の体格に応じて30cm 以上	通常はヘパリンを含有している；血流感染の発生率はCVCと同程度。感染リスク軽減のためには、鎖骨下部位が望ましい
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、または上腕静脈から上大静脈に挿入される	患者の体格に応じて20cm 以上	感染率は非トンネルCVCより低い
トンネル型中心静脈カテーテル	鎖骨下、内頸または大腿静脈に埋め込まれる	患者の体格に応じて8cm 以上	カフはカテーテルの経路に沿った微生物の進入を阻止する；感染率は非トンネル型CVCよりも低い
完全埋め込み型	皮下にトンネルを形成し、針でアクセスする皮下ポートをもつ；鎖骨下静脈または内頸静脈に埋め込まれる	患者の体格に応じて8cm 以上	CRBSI のリスクが最も小さい；患者の自己イメージが向上；カテーテル挿入部位の局所ケアが不要；カテーテル抜去に手術が必要
臍帯カテーテル	臍帯静脈または臍帯動脈に挿入される	患者の体格に応じて6cm 以下	CRBSI のリスクは臍帯静脈と臍帯動脈では同等である

(監訳者註：商標の関係により原文から記載を一部変更しています。)

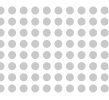
病因論

4種類のカテーテル汚染経路が知られている。すなわち、1)挿入部位の皮膚細菌が皮下カテーテル経路およびカテーテル表面に沿って移動しカテーテル先端に定着する(短期留置用カテーテルでは、これが最も一般的な感染経路である^[37, 211, 212])、2)カテーテルまたはカテーテルハブが手または汚染された輸液または汚染された器具に接触することにより生じる直接的な汚染^[213, 214]、3)他の感染巣からカテーテルへの血行性播種(頻度はさほど高くない)^[215]、および4)輸液の汚染によるCRBSIの発生(まれ)^[216]である。

CRBSIの病原体を特定する際の重要な決定要因は、1)器具の材質、2)カテーテル周囲にシースを形成するフィブリンおよびフィブロネクチンなど、タンパク質接着因子から成る宿主側の要因^[217]、3)付着した微生物が産生する細胞外高分子物質(EPS)などの、感染微生物固有の病原性要因^[218]である。カテーテル材質の中には表面が不均一なものもあり、こうしたカテーテルでは、ある種の微生物が付着しやすい(表皮ブドウ球菌、*C. albicans*など)^[219, 220]。このような材質で製造されたカテーテルは特に細菌の定着およびそれに引き続き発生する感染を起こしやすい。シリコンエラストマー製カテーテルでは、フィブリンシースが形成することにより、ポリウレタン製カテーテルよりもカテーテル感染が生じやすい傾向がある^[217]。また、シリコンエラストマー製カテーテルの表面では、ポリウレタン製カテーテルに比べ、*C. albicans*のバイオフィルムがより速く形成される^[219]。生体材料表面の特性を修正すると、*C. albicans*のバイオフィルム形成能に影響を及ぼすことが明らかになっている^[220]。さらに、特定のカテーテル材質は他の材質よりも血栓形成性が高く、このような特性があると、カテーテルの細菌定着および感染が生じやすくなる^[221, 222]。このような関連があることから、CRBSIを減少させる追加対策として、カテーテルに関連する血栓の予防が重視されるようになった^[223, 224]。(監訳者註：商標の関係により原文から記載を一部変更しています。)

CRBSIの病因として、宿主側の要因との関連で特定の微生物が有する接着特性も重要である。たとえば黄色ブドウ球菌は、タンパク質接着因子に結合するクランピング因子(ClfAおよびClfB)を発現することによって、カテーテ

ル上に一般的に存在する宿主のタンパク質(フィブリノーゲン、フィブロネクチンなど)に接着することができる^[217, 222, 225, 226]。さらに、コアグララーゼ陰性ブドウ球菌^[227, 228]、黄色ブドウ球菌^[229]、緑膿菌^[230]、カンジダ属^[231]などの微生物がバイオフィルムの層を形成する細胞外多糖類を主な構成要素とする細胞外高分子物質(EPS)の産生により、接着が促進される^[218, 232]。このバイオフィルムの基質がカルシウム、マグネシウム、鉄などの二価金属陽イオンを多く含むと、微生物を内包する強固な閉鎖領域を形成する^[233-235]。そのようなバイオフィルムは、宿主の防御機構に抵抗し(例えば、多核白血球による貪食および破壊に対する障壁として働く)、また、抗菌薬の感受性を低下させて(例えば、抗菌薬が微生物の細胞壁に接触する前に抗菌薬に結合する基質を形成する、または代謝的に休眠している抗菌薬耐性の「存続」細胞を養う)、様々な微生物の病原性を増強する^[228, 236, 237]。カンジダ属の中には、ブドウ糖含有液体中で、競合相手となる細菌に対抗するスライム(粘液)を産生するものがある。静脈栄養輸液を投与されている患者で真菌性病原体に起因するBSIの割合が高いことは、このことにより説明しうる^[238]。



成人および小児患者におけるカテーテル関連 血流感染予防のための方策

教育、訓練および職員配置

推奨

1. 血管内カテーテル使用の適応、血管内カテーテルの挿入および維持管理に関する適切な手順、および血管内カテーテル関連感染を予防するための適切な感染管理対策に関して、医療従事者の教育を行う^[7-15]。**カテゴリー IA**
2. 血管内カテーテルの挿入および維持管理に関わるすべての人に関して、ガイドラインに関する知識およびガイドラインの遵守を定期的に評価する^[7-15]。**カテゴリー IA**
3. 末梢静脈および中心静脈カテーテルの挿入および維持管理を行う能力のある、訓練された職員のみを任命する^[14-28]。**カテゴリー IA**
4. ICUにおける適切な看護職員数を確保する。看護師がCVCを挿入された患者を管理しているICUにおいて、看護師の予備要員割合の高さや患者対看護師比率の増加がCRBSIと関係していることが、観察研究から示唆されている^[29-31]。**カテゴリー IB**

背景

この取り組みを成功させるには、医療従事者が教育を受け、ケアを提供し、モニタリングし、評価することができる、十分に系統立てられたプログラムがきわめて重要である。過去40年間の報告では、感染リスクは無菌操作の標準化により低減すること^[7, 12, 14, 15, 239-241]、また経験のない職員が血管内カテーテルの挿入および維持管理を行うと、カテーテルの細菌定着リスクおよびCRBSIのリスクが増大する可能性のあることが^[15, 242]、一貫して示されてきた。CRBSIの発生率、合併症および費用を低減させる上で、専門の「IVチーム」が明らかな効果を示している^[16-26]。さらに、看護職員数が必要不可欠なレベルを下回ると、感染リスクが増大する^[30]。

カテーテルおよびカテーテル挿入部位の選択

末梢静脈カテーテルおよび中間カテーテルにおける推奨

1. 成人においては、カテーテル挿入部位として上肢を使用する。下肢に挿入されたカテーテルは、できるだけ早く上肢に入れ替える。**カテゴリー II**

2. 小児患者においては、カテーテル挿入部位として上肢、下肢、頭皮(新生児または初期乳児において)を使用できる^[32, 33]。**カテゴリー II**

3. 意図する目的、使用期間、既知の感染性および非感染性合併症(静脈炎、浸潤など)、ならびにカテーテルを操作する者の個々の経験を考慮してカテーテルを選択する^[33-35]。**カテゴリー IB**

4. 血管外に漏出すると組織壊死を引き起こす可能性のある輸液製剤および薬剤の投与には、金属針の使用は避ける^[33, 34]。**カテゴリー IA**

5. 静注療法が6日間を超えることが予想される場合には、短い末梢静脈カテーテルの代わりに、中間カテーテルまたは末梢静脈挿入型中心静脈カテーテル(peripherally inserted central catheter、PICC)を使用する。

カテゴリー II

6. 圧痛を判別するためにドレッシングの上から触診することによって、および透明ドレッシングを使用している場合は視診によって、カテーテル挿入部位を毎日評価する。ガーゼや不透明ドレッシングは、臨床的感染徴候がみられない場合に剥がすべきではない。局所圧痛またはその他のCRBSIを疑わせる徴候がある場合は、不透明ドレッシングを除去して挿入部位を視診により点検する。**カテゴリー II**

7. 静脈炎(熱感、圧痛、紅斑、触知可能な静脈索)、感染、またはカテーテルが正常に機能しない徴候がある場合、末梢静脈カテーテルを抜去する^[36]。**カテゴリー IB**

中心静脈カテーテルにおける推奨

1. 感染性合併症を減少させるために推奨される部位に中心静脈アクセス器具を留置するメリットと、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、血栓症、空気塞栓、およびカテーテルの誤留置)のリスクを天秤にかける^[37-53]。**カテゴリー IA**

2. 成人における中心静脈へのアクセスとして大腿静脈の使用は避ける^[38, 50, 51, 54]。**カテゴリー IA**

3. 成人においては、非トンネル型CVCの留置による感染リスクを最小限にするため、内頸または大腿部位ではなく、鎖骨下部位を使用する^[50-52]。**カテゴリー IB**

4. トンネル型CVCの感染リスクを最小限にするための望ましい挿入部位に関する推奨はない。**未解決問題**

5. 血液透析や重度の腎疾患患者では、鎖骨下静脈の狭窄を避けるために鎖骨下部位を避ける^[53, 55-58]。**カテゴリー IA**

6. 慢性腎不全患者における血液透析の恒久的なアクセスにはCVCではなく動静脈シャントまたはグラフトを使用する^[59]。**カテゴリー IA**

7. 挿入試行回数および機械的合併症を軽減させるため、超音波ガイダンスが利用できる場合は、これを使用して中心静脈カテーテルを留置する。超音波ガイダンスはその使用方法について十分に訓練を受けた職員のみが使用すべきである^[60-64]。**カテゴリー IB**

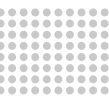
8. 患者の管理に必要な最小限のポート数およびルーメン数をもつCVCを使用する^[65-68]。**カテゴリー IB**

9. 静脈栄養のために特定のルーメンを設けて使用することに関する推奨はない。**未解決問題**

10. もはや必須でなくなった血管内カテーテルは早急に抜去する^[69-72]。**カテゴリー IA**

11. 無菌操作の遵守が確認できない場合(すなわち、カテーテルが医学的緊急状況下で挿入されたとき)は、可能な限り早く、すなわち48時間以内に交換する^[37, 73-76]。

カテゴリー IB



背景

カテーテルが留置される部位は、カテーテル関連感染や静脈炎のリスクに影響する。カテーテル感染のリスクに対する挿入部位の影響は、血栓性静脈炎のリスクと局所の皮膚細菌叢の密度にある程度関連している。

成人と同様に、小児患者で末梢静脈カテーテルを使用すると、静脈炎、注入液の血管外漏出、カテーテル感染を合併する可能性がある^[243]。カテーテルの挿入部位、持続的な静注用脂肪乳剤を含む静脈栄養輸液製剤の注入、カテーテル挿入前のICU滞在日数はすべて小児患者の静脈炎リスクを増大させている。しかし、成人でのリスクとは異なり、小児における静脈炎リスクはカテーテル留置期間の長さに応じて増大することはない^[243, 244]。

カテーテル挿入部位の皮膚細菌叢の密度はCRBSIの主要なリスクファクターである。内頸静脈、鎖骨下静脈および大腿静脈に留置されたカテーテルの感染率を十分に比較した試験はない。後ろ向き観察研究において、内頸静脈に挿入されたカテーテルにおける細菌定着やCRBSIのリスクは、鎖骨下静脈に挿入されたカテーテルと比較して通常高かった^[37-47]。後ろ向き観察研究1件で新生児における類似の所見が報告されている^[245]。成人で大腿静脈にカテーテルを留置した場合、鎖骨下静脈または内頸静脈と比較して細菌定着率が高くなることが証明されており、一部の試験ではCLABSI発生率も高くなっている^[40, 45-47, 50, 51, 246]。また、大腿静脈に留置されたカテーテルにおける深部静脈血栓症のリスクは、内頸静脈または鎖骨下静脈に留置されたカテーテルと比較して大きいこともあり、可能であれば大腿静脈にカテーテルを留置することは避けるべきである^[48-50, 53, 247]。ある研究^[38]では、大腿静脈に留置されたカテーテルに伴う感染リスクは、肥満患者で増大することが認められた。成人とは対照的に、小児患者を対象とした研究では、大腿静脈に留置されたカテーテルにおける機械的合併症の発生率は低く、感染率は大腿静脈以外に留置されたカテーテルと同程度であることが示されている^[248-251]。したがって、成人患者においてカテーテル留置部位を決定する場合は、他の要因（機械的合併症の可能性、鎖骨下静脈狭窄のリスク、カテーテル操作者のスキルなど）を考慮すべきではあるが、感染管理の目的においては鎖骨下の部位が好ましい。

2つのメタアナリシスにおいて、CVCの留置にリアルタ

イム2次元超音波ガイダンスを使用した場合に、目印を使用する標準的留置法と比較して、機械的合併症が顕著に減少し、穿刺試行回数および穿刺の失敗回数が減少していた^[60, 61]。2次元超音波ガイダンスの方がドップラー超音波ガイダンスよりも望ましいことを示すエビデンスがある^[60]。部位の選択は、患者の快適さ、カテーテルの固定性、無菌状態の維持、患者固有の要因（留置済みカテーテル、解剖学的奇形、出血性素因など）、機械的合併症の相対リスク（出血、気胸など）、ベッドサイドで超音波が利用可能かどうか、カテーテル挿入を行う職員の経験、感染リスクによって導かれるべきである。

カテーテルは開放創からできるだけ離して挿入すべきである。ある研究では、開放熱傷創の近傍（すなわち、挿入部位の25cm²内に創傷が重なる）に挿入されたカテーテルは、創傷から遠位に挿入されたカテーテルと比較して、細菌定着率が1.79倍高く、菌血症の発生率が5.12倍高かった^[252]。

カテーテルの材質：ポリテトラフルオロエチレン製またはポリウレタン製のカテーテルは、ポリ塩化ビニル製またはポリエチレン製のカテーテルと比較して、感染性合併症が少ない^[36, 253, 254]。末梢静脈アクセス用カテーテルの代替として用いられる金属針の感染性合併症発生率は、ポリテトラフルオロエチレン製カテーテルの発生率と同等である^[33, 34]。しかし、金属針を頻繁に使用すると、静脈内輸液の皮下組織への浸潤をしばしば合併し、特に輸液が組織障害性を有する場合は重篤な合併症を伴う可能性がある^[34]。（監訳者註：商標の関係により原文から記載を一部変更しています。）

手指衛生および無菌操作

推奨

1. 石鹸と水を用いた従来の手洗いまたはアルコールベースの擦式手指消毒薬 (ABHR) による手指衛生を実施する。血管内カテーテルの挿入、交換、アクセス、補修またはドレッシングを行う前後と同様に、カテーテル挿入部位の触診前後に手指衛生を実施する。無菌操作が継続される場合を除き、消毒薬塗布後には挿入部位の触診を行うべきではない^[12, 77-79]。カテゴリー IB

2. 血管内カテーテルの挿入およびケアのために無菌操作を維持する^[37, 73, 74, 76]。カテゴリー IB

3. 皮膚消毒後にアクセス部位に触れない場合は、末梢静脈カテーテルの挿入には滅菌手袋ではなく清潔手袋を着用する。カテゴリー IC

4. 動脈カテーテル、中心静脈カテーテル、および中間カテーテルの挿入には滅菌手袋を着用すべきである^[37, 73, 74, 76]。カテゴリー IA

5. ガイドワイヤーによる交換を行うとき、新しいカテーテルを取り扱う前に新しい滅菌手袋を使用する。カテゴリー II

6. 血管内カテーテル上のドレッシングを交換するときには清潔または滅菌手袋を着用する。カテゴリー IC

背景

カテーテルの挿入または維持管理の前に行う手指衛生とカテーテル操作中の適切な無菌操作の併用は、感染に対する防御策となる^[12]。適切な手指衛生は、アルコールベース製剤を使用すること^[255]、または石鹸と水を使用し、適切にすすぐこと^[77]により、達成できる。適切な無菌操作では、末梢 (監訳者註:「静脈」が抜けている) カテーテルの挿入時に必ずしも滅菌手袋を必要とするわけではない。末梢静脈カテーテルの挿入には、「ノータッチ」法と併用することで、新しいディスポーザブル未滅菌手袋を使用することができる。中心カテーテルの留置には「ノータッチ」法は実施できないため、滅菌手袋を着用しなければならない。

高度無菌遮断予防策

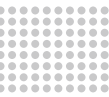
推奨

1. CVC、PICCの挿入またはガイドワイヤーを用いた交換に、キャップ、マスク、滅菌ガウン、滅菌手袋および全身用滅菌ドレープの使用を含む高度無菌遮断予防策を行う。^[14, 75, 76, 80]。カテゴリー IB

2. 肺動脈カテーテルを保護するためにカテーテル挿入時に滅菌スリーブを使用する^[81]。カテゴリー IB

背景

高度無菌遮断予防策 (MSBP) とは、CVC留置時に滅菌ガウン、滅菌手袋、キャップを着用し、全身用ドレープ (手術室で使用されるドレープに類似したもの) を使用することである (監訳者註:MSBPにはマスクの着用も含まれる)。無作為化比較対照試験1件において、CVC挿入時におけるMSBPと滅菌手袋および小型のドレープが比較された。カテーテルの細菌定着率 [相対リスク (RR) =0.32、95%信頼区間 (CI) 0.10 ~ 0.96、P=0.04] およびCRBSI発生率 [RR=0.16、95% CI 0.02 ~ 1.30、P=0.06] は、MSBP群で少なかった。さらに、MSBP群における感染は、より遅く発生し、グラム陽性菌ではなくグラム陰性菌が含まれていた^[76]。肺動脈カテーテルにおける研究においても、MSBPの実施が感染リスクを低減することが、副次的に示された^[37]。別の研究では、感染管理実務の向上、特にMSBPに関する教育プログラムを評価した。この研究では、MSBPの実施率が増加し、CRBSIが減少した^[14]。小規模試験1件では、MSBPにより挿入部位の皮膚の細菌定着リスクが減少することが示された [オッズ比 (OR) 3.40、95% CI 1.32 ~ 3.67]^[80]。



皮膚消毒

推奨

1. 末梢静脈カテーテルの挿入前に消毒薬(70%アルコール、ヨードアルコール溶液、ヨードホールまたはクロルヘキシジングルコン酸塩)を用いて皮膚消毒を行う^[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の挿入時およびドレッシング交換時には0.5%以上のクロルヘキシジンアルコール製剤を用いて皮膚消毒を行う。クロルヘキシジンの使用が禁忌の場合は、代わりにヨードアルコール溶液、ヨードホール、または70%アルコールを使用できる^[82, 83]。カテゴリー IA

3. クロルヘキシジンアルコール製剤およびポビドンヨードアルコール製剤の皮膚消毒薬としての比較は行われていない。未解決問題

4. 2 ヶ月未満の乳児におけるクロルヘキシジンの安全性および有効性に関する推奨はない。未解決問題

5. カテーテルの留置前に消毒薬はメーカーの推奨に従って乾燥させるべきである^[82, 83]。カテゴリー IB

背景

血管内留置カテーテル挿入部位の消毒について、クロルヘキシジン含有皮膚消毒用製剤とポビドンヨードまたはアルコールを比較した、適切にデザインされた2つの研究において、カテーテルの細菌定着率またはCRBSIの発生率はクロルヘキシジン製剤の方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とポビドンヨードアルコールの比較は行われていない)。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、CVCの細菌定着率およびCRBSIの発生率に差は見られなかった^[256]。3群による試験(2%クロルヘキシジングルコン酸塩水溶液 vs. 10%ポビドンヨード vs. 70%アルコール)では、10%ポビドンヨードおよび70%アルコールと比較して、2%クロルヘキシジングルコン酸塩水溶液の方がCRBSIを減少させる傾向が見られた^[82]。カテーテル4,143本に関するメタアナリシスでは、ポビドンヨードと比較して、クロルヘキシジン製剤はカテーテル関連感染のリス

クを49%減少させることが示唆された(95% CI 0.28~0.88)^[257]。入手可能なエビデンスに基づく経済的意思決定に関する分析では、CVCケアにおいてクロルヘキシジンを使用した場合、ポビドンヨードと比較して、CRBSI発生率が1.6%低下、死亡率が0.23%低下し、使用されたカテーテル1本につき\$113の費用を削減することが示唆された^[258]。中心および末梢の静脈カテーテル双方に関して、クロルヘキシジンが挿入時の皮膚消毒の標準消毒薬となっている一方で、5%ポビドンヨードの70%エタノール溶液は、10%ポビドンヨード水溶液と比較して、CVC関連細菌定着および感染の大幅な減少と関連していた^[259]。

カテーテル挿入部位のドレッシング法

推奨

1. カテーテル挿入部位を被覆するために滅菌ガーゼまたは滅菌透明半透過性ドレッシングを使用する^[84-87]。

カテゴリー IA

2. 患者が発汗している場合または挿入部位から出血または滲出液漏出がある場合は、これが解消するまでガーゼドレッシングを使用する^[84-87]。**カテゴリー II**

3. ドレッシングが湿ったり、緩んだり、目に見えて汚れたりした場合は、挿入部位のドレッシングを交換する^[84, 85]。

カテゴリー IB

4. 抗菌薬軟膏またはクリームは真菌感染と抗菌薬耐性を助長する可能性があるため、血液透析カテーテルを除き、挿入部位に局所的に使用しない^[88, 89]。**カテゴリー IB**

5. カテーテルおよびカテーテル挿入部位を水に浸さない。カテーテル内部に微生物が入る可能性を減少させるための予防策（カテーテルおよび接続器具をシャワー中に不透過性カバーで保護するなど）が講じられている場合はシャワーの使用は許される^[90-92]。**カテゴリー IB**

6. 短期留置用CVCに使用されたドレッシングがガーゼの場合は2日ごとに交換する。**カテゴリー II**

7. 短期留置用CVCに使用されたドレッシングが透明ドレッシングの場合は少なくとも7日ごとに交換する。ただし、ドレッシング交換のベネフィットよりカテーテル抜去のリスクの方が重大であるような小児患者を除く^[87, 93]。

カテゴリー IB

8. トンネル型または埋め込み型のCVC挿入部位に使用した透明ドレッシングは、挿入部位が治癒するまで、（ドレッシングが汚れたり、緩んだりしていないのであれば）週1回より頻回に交換しない。**カテゴリー II**

9. 十分に治癒した長期留置用カフつきトンネル型CVC挿入部位のドレッシングの必要性に関する推奨はない。

未解決問題

10. カテーテル挿入部位のケア方法がカテーテルの材質に適合しているかどうかを確認する^[94, 95]。**カテゴリー IB**

11. すべての肺動脈カテーテルには滅菌スリーブを使用する^[81]。**カテゴリー IB**

12. 教育・訓練、クロルヘキシジンによる適切な皮膚消毒、および高度無菌遮断予防策などの基本的な予防策を遵守しているにもかかわらずCLABSI発生率が減少しない場合には、生後2カ月を超える患者において、一時的な短期留置用カテーテルにクロルヘキシジン含有スポンジドレッシングを使用する^[93, 96-98]。**カテゴリー IB**

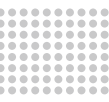
13. 他のタイプのクロルヘキシジンドレッシングに関する推奨はない。**未解決問題**

14. ドレッシングの交換の際の視診または損傷のないドレッシングを介した触診によりカテーテル挿入部位を、個々の患者の状態にあわせて定期的に観察する。カテーテル挿入部位の圧痛、不明熱、またはその他の局所感染または血流感染を疑わせる徴候がある場合は、挿入部位を十分に検査するためにドレッシングを除去する^[99-101]。**カテゴリー IB**

15. カテーテル挿入部位の何らかの変化または新たな不快感が生じた場合、担当の医療従事者に報告するよう患者を促す。**カテゴリー II**

背景

透明半透過性ポリウレタン製ドレッシングでは、カテーテル挿入部位を継続的に観察することができ、一般的なガーゼおよびテープによるドレッシングと比較して交換頻度は少なくてもよい。末梢カテーテルのドレッシング方法に関する大規模比較対照試験において、末梢カテーテル約2,000本に透明ドレッシングを使用した場合の感染率が調査された^[254]。その結果、透明ドレッシングを用いたカテーテルの細菌定着率(5.7%)は、ガーゼを使用した場合(4.6%)と同等であり、カテーテル挿入部位の細菌定着率および静脈炎の発生率にも臨床的に重要な違いはないことが示唆された。さらに、これらのデータは、末梢カテーテル挿入期間中、血栓性静脈炎のリスクを増大させることなく、透明ドレッシングをカテーテル挿入部位に安全に貼付しておけることも示唆している^[254]。



透明ドレッシングを使用した場合とガーゼドレッシングを使用した場合のCRBSIのリスクを比較した研究のメタアナリシスが行われた^[260]。両群の間にCRBSIのリスクの差はなかった。ドレッシングの選択は好みの問題でもある。カテーテル挿入部位から血液が滲み出る場合には、ガーゼドレッシングが望ましい。ガーゼとテープを用いたドレッシングと透明ドレッシングとを比較した無作為化比較試験を対象にした別のシステムティックレビューでは、CRBSI発生率、カテーテル先端の細菌定着率または皮膚の細菌定着率において、ドレッシングの種類による有意差はみられなかった^[261]。

クロルヘキシジン含有ドレッシングはCRBSIのリスクを低減するために使用されてきた。ICU患者を対象としてクロルヘキシジン含有スポンジドレッシングと標準的なドレッシングを比較した、現在までに公表されている最も大規模な多施設共同無作為化比較対照試験では、背景の感染率が低い場合でも、CRBSI発生率が減少した。この研究では患者1636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有ドレッシングにより、主要なCRBSIの発生率(10/1953例[0.5%]、1000カテーテル日あたり0.6 vs. 19/1825例[1.1%]、1000カテーテル日当たり1.4、ハザード比[HR] 0.39[95% CI 0.17 ~ 0.93]、 $P=0.03$)およびCRBSI発生率(6/1953カテーテル、1000カテーテル日当たり0.40対17/1825カテーテル、1000カテーテル日当たり1.3、HR 0.24 [95% CI 0.09 ~ 0.65])が減少した^[93]。ポリウレタン製ドレッシングまたはクロルヘキシジン含有ドレッシングを使用した小児140例に対する無作為化比較対照研究では、BSIについては統計学的に有意な差はみられなかったが、クロルヘキシジン含有ドレッシング群におけるCVC細菌定着率は減少した^[98]。化学療法を受けているがん患者601例におけるCRBSI発生率は、クロルヘキシジン含有スポンジドレッシングを使用した患者の方が標準的なドレッシングを使用した患者と比較して低かった($P=0.016$ 、RR 0.54、CI 0.31 ~ 0.94)^[262]。8件の無作為化比較対照試験を対象としたメタアナリシスでは、クロルヘキシジン含有スポンジドレッシングでは血管内カテーテルおよび硬膜外カテーテルの出口部位における細菌定着率を減少させるが、CRBSI発生率の顕著な減少はみられなかった(2.2% vs. 3.8%、OR 0.58、95% CI 0.29 ~ 1.14、 $P=0.11$)^[97]。

小児におけるクロルヘキシジン含有スポンジドレッシングの使用に関するデータは限られているものの、新生児705例を対象とした無作為化比較対照研究において、クロルヘキシジン含有スポンジ群の乳児では、標準的なドレッシング群と比較してカテーテルの細菌定着が顕著に減少することが示された(15% vs. 24%、RR=0.6、95% CI 0.5 ~ 0.9)。しかし、CRBSIおよび感染源不明のBSIの発生率に差はなかった。超低出生体重の新生児において、クロルヘキシジン含有スポンジは乳児における限局性接触性皮膚炎と関連した。超低出生体重の新生児98例中15例(15%)で限局性接触性皮膚炎が発現したのに対し、1,000g超の新生児237例中4例(1.5%)でこの皮膚炎が発現した($P<0.0001$)。生後8日未満でCVCを留置された在胎期間26週未満の乳児では、限局性接触性皮膚炎を発現するリスクが増大していたが、対照群でこのような局所反応を発現した乳児はなかった^[96]。

患者の清拭

推奨

CRBSIを低減するために2%のクロルヘキシジンによる患者清拭を毎日行う^[102-104]。**カテゴリー II**

背景

原発性BSIの発生率低下のために、2%クロルヘキシジンを含む清拭用クロスを用いてICU患者を毎日清拭することは、簡便かつ効果的な対策かもしれない。ICU患者836例における単施設研究では、クロルヘキシジンを用いた介入を受けた患者は、石鹼と水による清拭を受けた患者と比較して、原発性BSIを発生する確率が有意に低かった（4.1/1000患者日 vs. 10.4/1000患者日、発生率の差6.3 [95% CI 1.2 ~ 11.0]）^[102]。

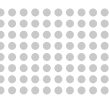
カテーテル固定器具

推奨

血管内カテーテルによる感染のリスクを低減するために無縫合性固定器具を使用する^[105]。**カテゴリー II**

背景

カテーテルの固定は、静脈炎ならびにカテーテルの迷入や事故抜去のリスクを軽減するための介入と認識されており、また、CRBSIを予防する上でも利点があると考えられる。CRBSIは、挿入部を通して皮膚細菌叢が移動することで発生する。無縫合性固定器具ではカテーテル挿入部周辺の損傷が回避されるため、細菌定着の程度が軽減されると考えられる^[105]。また、無縫合性固定装置を用いることにより、医療従事者の偶発的針刺し損傷に起因する鋭利物による損傷のリスクも軽減される。



抗菌薬/消毒薬含有カテーテルおよびカフ

推奨

CLABSI発生率を低減するための包括的な方策がきちんと実施されているにもかかわらずCLABSI発生率が低下しない場合は、5日を超えてカテーテルを留置することが予想される患者に対し、クロルヘキシジン/スルファジアジン銀またはミノサイクリン/リファンピン含有CVCを使用する。包括的な方策は少なくとも以下の3要素を含んでいる。すなわち、カテーテルの挿入および維持管理を行う職員の教育、CVC挿入時における高度無菌遮断予防策の実施および0.5%以上のクロルヘキシジンアルコール製剤による皮膚消毒である^[106-113]。カテゴリーIA

背景

抗菌薬または消毒薬でコーティングされた、またはこれらを含む特定のカテーテルおよびカフは、その購入に追加の費用がかかるものの、CRBSIのリスクを軽減することができ、またCRBSI治療に伴う病院の負担が軽減する可能性がある^[110]。抗菌薬/消毒薬含有カテーテルに関する試験はほぼすべて、カテーテルの留置が30日未満の成人患者においてトリプルルーメン、カフなしカテーテルを用いて実施されている。大半の試験は成人で実施されているが、これらのカテーテルは体重3kgを超える患者での使用に対してFDAから承認を受けている。ICUの小児患者を対象とした2つの非無作為化研究^[112, 113]では、これらのカテーテルによりカテーテル関連感染のリスクが低減されることが示唆されている。現在、体重3kg未満の乳児で使用可能な消毒薬または抗菌薬含有カテーテルはない。

クロルヘキシジン/スルファジアジン銀：ルーメンの外側表面のみがクロルヘキシジン/スルファジアジン銀でコーティングされたカテーテルが、CRBSIを減少させる手段として検討された。第1世代カテーテルに関する2つのメタアナリシス^[1, 263]において、このようなカテーテルは、標準的非コーティングカテーテルと比較して、CRBSIリスクを軽減することが示された。ある研究におけるカテーテル留置期間は5.1日から11.2日の範囲であった^[264]。現在では、カテーテルから延長セットとハブにかけて内側表面がクロルヘキシジンでコーティングされ、ルーメンの外側表面はクロルヘキシジンおよびスルファジアジン銀

でコーティングされた第2世代カテーテルが利用できる。第1世代のカテーテルと比較して、外側表面のクロルヘキシジンの量は3倍であり、表面に結合した消毒薬はより長く放出される。第2世代カテーテルに関する3つの前向き無作為化研究すべてにおいて、カテーテル細菌定着は有意に減少したことが示されたが、これらの研究の検出力はCRBSIの差を示すには不十分であった^[106-108]。抗感染活性が長く持続すると、感染予防の有効性が改善される^[265]。稀ではあるが、クロルヘキシジン/スルファジアジン銀コーティングカテーテルの使用によるアナフィラキシーが観察されている^[266-270]。

クロルヘキシジン/スルファジアジン銀コーティングカテーテルは、標準的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（高度無菌遮断予防策、無菌操作など）を遵守したにも関わらず、CRBSI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コーティングカテーテルを使用することにより、1カテーテル当たり\$68～\$391の費用が削減されることが示唆された^[271]。ICU患者、熱傷患者、好中球減少患者、および感染発生率が1000カテーテル日当たり3.3を超えるようなその他の患者集団では、これらのカテーテルの使用は費用対効果が優れるであろう^[264]。

ミノサイクリン/リファンピン：ある多施設共同無作為化試験において、外側と内側表面双方にミノサイクリン/リファンピンを含むCVCでのCRBSI発生率は、第1世代のクロルヘキシジン/スルファジアジン銀含有カテーテルと比較して、より低かった^[109]。有効性はカテーテル挿入後6日目以降に認められた。平均留置期間が60日を超える場合にシリコン製のミノサイクリン/リファンピン含有CVCを用いると、CRBSI発生率低下に効果的であることが示されている^[111]。ミノサイクリン/リファンピンに耐性の微生物は報告されていない。2つの試験において、これらのカテーテルを使用すると、非コーティングカテーテルと比較してCRBSIが有意に減少することが明らかになった^[110, 111]。第2世代のクロルヘキシジン/スルファジアジン銀コーティングカテーテルを用いた比較研究は、これまでに発表されていない。耐性発現の可能性に対する懸念もあるが、数件の前向き臨床研究においてそのリスクは低いことが示されている^[272, 273]。さらに、臨床においては、カテーテル使用に関連するミノサイクリンおよびリファン

ンピン耐性の報告はない。決定モデル分析を用いた2つの研究において、これらのカテーテルでは、第1世代のクロルヘキシジン/スルファジアジン銀コーティングカテーテルと比較して、費用がより削減できることが明らかになった^[274, 275]。第2世代の各カテーテルについても、このような比較分析を行う必要がある。ただし、ベースラインの感染率が低下し、カテーテルの費用が減少するにつれ費用対効果比は変化すると考えられる。

クロルヘキシジン/スルファジアジン銀やミノサイクリン/リファンピンを含有したカテーテルを使用することの決定は、バンドル化した標準的な手順（職員の教育、高度無菌遮断予防策の実施、0.5%以上のクロルヘキシジンアルコール製剤による皮膚消毒）が実行された後に、CRBSIの予防対策を強化する必要性に基づいてなされるべきで、さらに耐性菌の出現の懸念やこの方策を実行するための費用を天秤にかけて決定するべきである。

白金/銀：米国では白金と銀を併用して含有させたカテーテル（銀イオン導入カテーテル）が使用できる。このカテーテルと非コーティングカテーテルを比較した前向き無作為化研究がいくつか報告されている^[276-279]。1つの研究では、カテーテル細菌定着率およびCRBS発生頻度が低下したことが示されたが^[278]、それ以外の研究においては、含有カテーテルと非含有カテーテルとの間でカテーテル細菌定着率およびCRBSI発生率の差は認められなかった^[39, 276, 277]。このようなことから、これらのカテーテルの使用に関して支持または非支持の確固たる推奨を行うことはできない。

全身的抗菌薬予防投与

推奨

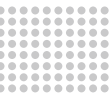
カテーテルの細菌定着またはCRBSIを予防するために、血管内カテーテルの挿入前または使用中にルーチンに全身的抗菌薬予防投与を行わない^[114]。**カテゴリー IB**

背景

カテーテル関連感染の予防における全身的抗菌薬予防投与の役割についていくつかの研究が行われた。最近のメタアナリシスでは、がん患者に関するこれらの研究についてレビューが行われた^[114]。4件の研究では、カテーテル挿入前にグリコペプチドの予防投与が行われていた。しかし、これらの試験には不均一性が認められるため、有効性に関する結論を得ることはできない。

インターロイキン2による治療を受けたがん患者を対象として、カテーテル関連感染に対するリファンピンおよびノボビオシンの継続的な経口的予防投与の有効性について検討した研究では^[280]、被験者26例中9例（35%）が副作用または毒性のため抗菌薬の予防的投与を中止したものの、CRBSIの減少が観察された。非がん患者については、経静脈的栄養のためカテーテルを挿入された患者55例において、カテーテル挿入前にバンコマイシンを投与しても効果はなかった^[281]。同様に、心血管手術の患者に対する周術期の抗菌薬予防投与を延長しても、中心静脈カテーテルの細菌定着は減少しなかった^[282]。臍帯静脈カテーテルを留置された新生児への抗菌薬予防投与に関する最近のコクランレビューでは、抗菌薬予防投与を支持するまたは反証するには、無作為化試験からのエビデンスが不十分であると結論付けられた^[283]。

新生児の遅発性敗血症の原因はコアグラゼ陰性ブドウ球菌であることが多く、感染した中心静脈カテーテルに由来する頻度が高いと考えられている。5つの試験、合計371例の新生児において、経静脈的栄養を介したバンコマイシンの持続注入または間欠的投与がプラセボと比較された。バンコマイシンによる治療を受けた乳児では、敗血症（RR 0.11、95% CI 0.05～0.24）およびコアグラゼ陰性ブドウ球菌に起因する敗血症（RR 0.33、95% CI 0.19～0.59）はより少なかった^[284]。しかし、死亡率および入院期間に関して2群間の有意差はなかった。バンコマイシン耐性菌の選択のリスクを評価するには、データが不十分であった。



抗菌薬/消毒薬軟膏

推奨

血液透析カテーテルの挿入後および透析療法の各終了後に血液透析カテーテルの挿入部位にポビドンヨード消毒軟膏またはバシトラシン/グラミシジン/ポリミキシンB軟膏を使用する。ただし、メーカーの推奨に照らしてこの軟膏が血液透析カテーテルの材質に影響を及ぼさない場合に限る^[59, 115-119]。 **カテゴリー IB**

背景

カテーテル挿入部位における微生物負荷を軽減し、それにより感染を予防するために、様々な局所用抗菌薬軟膏または消毒薬軟膏が利用されてきた。主に末梢静脈カテーテルを対象として以前行われたいくつかの試験で得られた結論は様々である^[82, 285, 286]。また、抗真菌活性が限られた抗菌薬軟膏を使用することにより、カンジダ属による定着および/または感染が増加する可能性がある^[89]。

より最近の試験では、ハイリスクの患者、特に血液透析を受けている患者において、この手法が検討された^[117-119]。3つの無作為化比較対照試験において、10%ポビドンヨードの使用が評価された^[195-197]。細菌定着、出口部位の感染、血流感染の有意な減少が観察された。この有効性は、黄色ブドウ球菌が鼻腔に定着した被験者で最も著明であった^[117-119]。

鼻腔の黄色ブドウ球菌保菌者は、細菌定着のない人と比較してCRBSIが発生する可能性が高い^[287-289]。このため、研究者らは、強力な抗ブドウ球菌薬である局所用ムピロシンの有用性を評価した。いくつかの研究では、カテーテル挿入部位にムピロシン軟膏を塗布した場合に、CRBSIリスクが減少することが示された^[117, 290-292]。他の研究では、ムピロシンを鼻腔に塗布した場合に、類似のベネフィットが示された^[288, 289, 293]。しかし、一部の施設でムピロシン耐性の急速な出現が観察され^[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ことから^[94, 95]、この方法に対する関心は弱まっていった。

死亡率に対する有意な効果を示した唯一の研究では、血液透析患者169例において、バシトラシン/グラミシジン/ポリミキシンB軟膏のカテーテル挿入部位への塗布が

プラセボと比較された^[296]。プラセボ群において、バシトラシン/グラミシジン/ポリミキシンB群より多くの感染がみられた(34%対12%、RR 0.35、95% CI 0.18 ~ 0.68)。1000カテーテル日当たりの感染数(4.10対1.02、 $P < 0.0001$)および1000カテーテル日当たりの菌血症数(2.48対0.63、 $P = 0.0004$)についても、プラセボ群の方が多かった。6ヶ月の試験期間中、プラセボ群の死亡は13例であったのに対し、バシトラシン/グラミシジン/ポリミキシンB群の死亡は3例であった($P = 0.004$)。このように、血液透析患者を対象とした1つの研究において、バシトラシン/グラミシジン/ポリミキシンB軟膏により転帰を改善することができるとのエビデンスがあるが、他の患者集団については類似のデータはない^[296]。米国では、現在グラミシジン含有軟膏を入手できないことに注意が必要である。

予防的抗菌薬ロック、抗菌薬カテーテルフラッシュおよび予防的カテーテルロック

推奨

長期留置カテーテルをもつ患者で、無菌操作が最適かつ最高に遵守されていたにも関わらず複数回のCRBSI既往を有する患者では、予防的抗菌薬ロック溶液を使用する^[120-138]。カテゴリー II

背景

CRBSI予防のため、広範な種類の抗菌薬および消毒薬がカテーテルルーメンのフラッシュまたはロックに用いられてきた^[120-138]。カテーテルロックとは、カテーテルのルーメンに抗菌薬溶液を充填し、カテーテルが使用されない期間はカテーテル内に残しておく手法である。中心静脈カテーテルを予防的にフラッシュまたはロックする際に、単独(特定の微生物を標的とする場合)または併用(経験的に広範囲の微生物をカバーしたい場合)で使用されてきた様々な濃度の抗菌薬には、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、セフトジジムなどがあり、また、消毒薬ではアルコール、タウロリジン、クエン酸三ナトリウムなどがある(米国では、タウロリジンおよびクエン酸三ナトリウムの本目的での使用は承認されていない)。これらの薬剤は通常、抗凝固薬として作用する化合物、たとえばヘパリンやエチレンジアミン四酢酸(EDTA)と併用される。これらに関する研究の大半は、血液透析患者、新生児、好中球数の減少したがん患者など、比較的少数の高リスク患者に対して実施されている。大半の試験では、カテーテル関連感染の予防という点に関して、抗菌薬フラッシュまたはロック溶液のベネフィットが示されているものの、これは、抗菌薬に潜在的に伴う副作用、毒性、アレルギー反応、耐性の出現とのバランスを取らなくてはならない。使用された化合物の種類が広範であること、検討された患者集団が不均一であること、また研究の規模およびデザインに制限があることから、使用に関する一般的な推奨を行うことはできない。さらに、FDA承認を受けた市販製剤はなく、大半の製剤は病院の薬局で調製されてきた。以下に、いくつかの研究に関して簡単に概要を述べる。

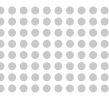
カテーテルのフラッシュまたはロック溶液に関しては、

血液透析患者を対象に10件以上の研究が実施されている^[128, 129, 131-138]。メタアナリシス3件ではすべて、血液透析患者に対するカテーテルロック溶液により、CRBSIリスクが軽減されることが示された^[297-299]。このうち最も大規模な研究では、30%クエン酸三ナトリウムとヘパリンの前向き無作為化比較に被験者291例が登録された^[133]。CRBSI発生率は、カテーテルがクエン酸三ナトリウムでロックされた群において有意に低く(4.1/1000CVC日 vs. 1.1/1000CVC日、 $P < 0.001$)、カテーテルの血栓および閉塞に関する有意差は認められなかった。しかし、濃縮クエン酸を迅速注入すると、重篤な低カルシウム血症、不整脈、死亡に至ることがある。血液透析患者を対象とした2番目に大規模な研究では、セファゾリン、ゲンタマイシン、ヘパリン含有のカテーテルロック溶液の効果が、ヘパリンのみを投与された対照患者との比較で検討された^[135]。被験者120例において、CRBSI発生率は、抗菌薬ロック溶液を受けた患者で有意に低かった(0.44/1000CVC日 vs. 3.12/1000CVC日、 $P = 0.03$)^[135]。血液透析患者を対象とした他の試験では、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、およびセフォタキシムについて検討が行われている。

小児がん患者ではすくなくとも5件の試験が実施されている^[120, 121, 124, 126, 127]。最も大規模な試験はバンコマイシン/シプロフロキサシン/ヘパリン(VCH)とバンコマイシン/ヘパリン(VH)、ヘパリン(H)単独を比較した前向き無作為化二重盲検試験であり、被験者126例が組み入れられた^[124]。CVC関連感染発生までの期間は、VCH群およびVH群の方がヘパリン群と比較して有意に長く、また、感染率はヘパリン単独と比較して、抗菌薬含有溶液のいずれの群においても有意に低かった(1.72/1000CVC日[H] vs. 0.55/1000CVC日[VCH] vs. 0.37/1000CVC日[VH])。

バンコマイシン含有ロックまたはフラッシュ溶液とヘパリン単独の有用性を比較した7件の無作為化比較対照試験を対象としたメタアナリシスでは、バンコマイシン/ヘパリン溶液のリスク比は0.49(95% CI 0.26 ~ 0.95、 $P = 0.03$)であった^[300]。カテーテルロック手法の使用は、単にバンコマイシンでカテーテルをフラッシュするよりも、大きなベネフィットをもたらすと考えられた。

最近、前向き二重盲検無作為化試験で、がん患者の



CLABSI予防における70%エタノールロックとヘパリン生食液の有用性が比較された。予防的エタノールロック療法を受けた患者における原発性CRBSIの発生率は有意に低かった(0.60/1000CVC日 vs. 3.11/1000CVC日、OR 0.18、95% CI 0.05 ~ 0.65、P=0.008)^[301]。

抗凝固薬

推奨

一般的な患者集団において、カテーテル関連感染のリスクを低減するためにルーチンに抗凝固薬療法は行わない^[139]。**カテゴリー II**

背景

血管内留置カテーテルの挿入から間もなく、カテーテルはフィブリン、血漿タンパク質、および血小板や赤血球などの細胞成分から成るコンディショニングフィルムでコーティングされる^[213, 302]。微生物がコンディショニングフィルムと相互作用し、カテーテルの細菌定着に至る^[303]。中心静脈カテーテルの血栓と感染の間には密接な関係がある^[221, 304, 305]。そのため、カテーテルの血栓を予防し、またおそらくは感染リスクを軽減するために、抗凝固薬が使用されてきた。

短期留置用CVCを留置された患者における予防的ヘパリン投与(経静脈的栄養で3単位/mL、6時間または12時間ごとのフラッシュで5,000単位、皮下投与で低分子量ヘパリン2,500単位のいずれか)のベネフィットを評価したメタアナリシスでは、カテーテル関連の中心静脈血栓のリスクは予防的ヘパリン投与により減少した^[139]。しかし、CRBSI発生率における顕著な差はみられなかった。より最近実施された前向き無作為化試験では、非トンネル型カテーテルを留置された患者204例が、ヘパリン(100単位/kg/日)または生理食塩水(50mL/日)の持続注入に割り付けられた^[306]。CRBSI発生率はヘパリン投与群で有意に低かった(2.5/1000CVC日 vs. 6.4BSI/1000CVC日)。大半のヘパリン溶液には抗菌活性のある防腐剤が含有されているため、CRBSI発生率の低下が、血栓形成の減少によるものか、防腐剤によるものか、またはその双方によるものかは不明である。大半の肺動脈カテーテル、臍帯カテーテル、中心静脈カテーテルでは、ヘパリン結合カテーテルが入手できる。カテーテルの大半はヘパリンとベンザルコニウムが結合したものであり、抗菌活性^[307]および抗血栓効果^[308]が得られる。しかし、一部のカテーテルではベンザルコニウムなしでカテーテルに直接ヘパリンが結合している^[309]。研究では、ヘパリン結合カテーテルにより血栓リスクおよびCRBSIリスクが軽減することが示されているが^[306, 308-310]、クロルヘキシジン/スルファジアジン銀

含有カテーテルと比較して、カテーテル菌定着の抑制に対する効果は低い^[311]。残念ながら、ヘパリン誘発性の血小板減少が起こることがあり、このため多くの臨床医がヘパリンを避けるようになった^[312]。クエン酸三ナトリウムは抗凝固と抗菌の性質双方を備えているため、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において、血液透析間のヘパリン(5,000U/mL)の使用は、30%クエン酸三ナトリウムの使用と比較して、CRBSI発生率が有意に高くなった(4.1/1000CVC日 vs. 1.1/1000CVC日)^[313]。

CVC血栓形成の抑制し、それにより感染を減少させる手段として、ワルファリンの評価が行われてきた^[314-318]。長期留置用CVCを留置した患者において、低用量ワルファリン(1 mg/日)により血栓形成リスクは減少した^[142, 143]。しかし、他の研究では血栓抑制は確認されず、またさらに他の研究では5-FU投与患者で有害な相互作用が認められた^[319, 320]。データは限られており、また、低用量ワルファリンの投与によりがん患者における血栓形成リスクは減少するものの、感染合併症が減少することは示されていない。一部の研究では、20%を超える患者でプロトロンビン時間が延長し、用量調整が必要であった^[321]。第Xa因子阻害剤や直接的トロンビン阻害剤など他の抗凝固薬については、カテーテル関連感染リスク抑制という点において適切に評価は行われていない。

末梢カテーテルおよび中間カテーテルの交換

推奨

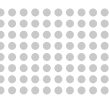
1. 成人においては感染および静脈炎のリスクを低減するために72-96時間ごとより頻繁に末梢カテーテルを交換する必要はない^[36, 140, 141]。**カテゴリー IB**
2. 成人においては末梢カテーテルを臨床的に必要な場合にのみ交換することに関する推奨はない^[142-144]。**未解決問題**
3. 小児においては末梢カテーテルを臨床的に必要な場合にのみ交換する^[32, 33]。**カテゴリー IB**
4. 中間カテーテルは明確な適応がある場合にのみ交換する。**カテゴリー II**

背景

血管内カテーテルの定期交換は、静脈炎およびカテーテル関連感染の予防手段として提案されてきた。短い末梢静脈カテーテルに関する研究は、カテーテルが72時間を超えて留置される場合に、血栓性静脈炎およびカテーテル細菌定着の発生率が上昇することを示している^[258]。しかし、72時間留置される末梢カテーテルと96時間留置される末梢カテーテルとの間では、静脈炎発生率に大きな差はない^[141]。静脈炎およびカテーテル細菌定着はカテーテル関連感染リスクの増大と関連するため、感染リスクの抑制および静脈炎に伴う患者の不快感の抑制のため、短い末梢カテーテルは一般的に72～96時間間隔で交換される。

72時間で定期交換した場合と、必要に応じて交換した場合で静脈炎およびカテーテル不良の発生率が同程度であったことをいくつかの研究が示唆している^[142-144]。しかし、これらの研究はCRBSIを取り上げておらず、この方策によるCRBSI発生リスクは十分に研究されていない。

中間カテーテルの静脈炎発生率は短い末梢カテーテルよりも低く、また感染率はCVCよりも低い^[322-324]。中間カテーテル140本を対象とした前向き研究において、中間カテーテルの使用によるBSI発生率は、1000カテーテル日当たり0.8であった^[324]。カテーテル挿入期間も含め、感染に関連する明確なリスクファクターはなかった。中間カテーテルの留置期間中央値は7日間であったが、長い場合は49



日にも及んだ。この研究の所見からは、中間カテーテルの交換は明確な適応がある場合のみでよいことが示唆されたものの、中間カテーテルに伴うCRBSI予防対策としての定期的交換のメリットを検討した前向き無作為化研究は行われていない。

PICCおよび透析カテーテルを含む中心静脈カテーテルの交換

推奨

1. カテーテル関連感染を予防するためにCVC、PICC、血液透析カテーテルまたは肺動脈カテーテルを定期的に交換しない。**カテゴリー IB**
2. CVCまたはPICCを発熱のみを理由に抜去しない。ほかの部位に感染のエビデンスがあるか、非感染性の発熱の原因が疑われる場合、カテーテル抜去の適否に関しては臨床的に判断する。**カテゴリー II**
3. 感染を予防するために、非トンネル型カテーテルに関して日常的にガイドワイヤーによる交換を行わない。**カテゴリー IB**
4. 感染が疑われる非トンネル型カテーテルについてはガイドワイヤーによる交換を行わない。**カテゴリー IB**
5. 正常に機能しなくなった非トンネル型カテーテルについては、感染のエビデンスがない場合、ガイドワイヤーによる交換を行う。**カテゴリー IB**
6. ガイドワイヤーによる交換を行うとき、新しいカテーテルを取り扱う前に新しい滅菌手袋を使用する。**カテゴリー II**

背景

CRBSIを減少させる手段として、計画された間隔でカテーテル交換を行ってもCRBSI発生率は低下しなかった。2つの試験において、7日ごとにカテーテルを交換する方法と必要に応じて交換する方法が比較された^[165, 325]。このうち1件は、CVC、肺動脈カテーテル、末梢動脈カテーテルのいずれかを必要とする外科ICU患者112例を対象とし^[165]、もう1件は、鎖骨下血液透析カテーテルのみを対象とした^[325]。両試験において、カテーテルを7日ごとに計画的に交換された患者と必要に応じてカテーテルが交換された患者との間に、CRBSI発生率の差は観察されなかった。

ガイドワイヤーを用いたCVCの計画的交換は、CRBSIを予防するために提案されているもう1つの対策である。

CVC管理を評価した12の無作為化比較対照試験のメタアナリシスの結果では、必要に応じたカテーテル交換と比較して、ガイドワイヤーを用いたCVCの定期的交換によりCRBSI発生率が低下することを証明するには至らなかった^[326]。このように、カテーテルが正常に機能しており、局所性または全身性の合併症の原因であるというエビデンスがない場合、CVCの定期的交換は不要である。

不具合が認められたカテーテルを交換する場合および肺動脈カテーテルを侵襲的モニタリングが不要になった際にCVCへと交換する場合、ガイドワイヤーを用いたカテーテル交換は許容される手技である。ガイドワイヤーを用いたカテーテル挿入では、新規部位に経皮的に挿入されるカテーテルと比較して、不快感が少なく、機械的合併症の発生率が有意に低い^[327]。さらに、一部の患者では、この手法は限られた静脈アクセスを温存する手段である。菌血症の感染源は通常、挿入部位から静脈への皮膚経路における菌定着であるため、菌血症がある場合にガイドワイヤーを用いて一時的なカテーテルを交換することは、交換方法として許容されるものではない^[37, 327]。しかし、トンネル型血液透析カテーテルを留置され、菌血症を有する特定の患者においては、ガイドワイヤーを用いたカテーテル交換と抗菌薬療法の併用が、静脈アクセスが限られている患者を救済する代替法となる^[328-331]。

小児では血管アクセスの確保がさらに困難であるため、これらの患者ではカテーテル交換の頻度に注意を払うべきである。生存分析の手法を用いて、小児ICU患者における中心静脈カテーテルの留置期間と合併症との関係を検討した試験では、検討した患者すべて（n=397）が、中央値で23.7日間感染しなかった^[250]。また、カテーテル留置期間と日ごとの感染確率との間には関連は認められず（r=0.21、P>0.1）、CVCを定期的に交換してもカテーテル関連感染の発生率は低下しない可能性のあることが示唆された^[250]。

新生児の血管アクセス部位はさらに限られたものになることがある。最近、コクランデータベースシステムティックレビューで要約された4つの無作為化試験（n=368）では、経皮中心静脈カテーテルと末梢静脈カテーテルを介した経静脈的栄養の効果が比較された。CVCを経皮留置される群に無作為化された新生児では、必要と

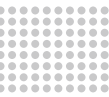
された疼痛を伴う処置（静脈穿刺）はより少なく^[269]、またBSIリスクが増大したとのエビデンスはなかった^[332]。

新生児において、血栓形成に起因するCVC閉塞はCVC抜去の理由として最も一般的な理由の1つである。カテーテルの閉塞を予防するため、様々な方法が試みられている。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/kg/時間）はプラセボ注入と比較して、カテーテル挿入期間を効果的に延長できるか否かが検討された。カテーテル抜去が必要となったカテーテル閉塞の発生率は、ヘパリン群でより低かった（6% vs. 31%、P=0.001、NNT=4）。研究の検出力は、CRBSI発生率の差を評価するには十分ではなかったものの、CRBSI発生率は同程度であった。ヘパリン関連の抗体価は日常的に測定されてはいなかった^[333]。

血液透析カテーテル：血液透析カテーテルの使用は、透析患者における菌血症に寄与する要因としては最も一般的なものである^[334, 335]。血液透析カテーテルを留置されている患者の菌血症の相対リスクは、動静脈（AV）シャントを有する患者のリスクの7倍である^[336]。慢性腎不全患者において、動静脈シャントおよびグラフトは感染リスクがより低いため、血液透析カテーテルより望ましい。透析用の一時的なアクセスが必要であり、カテーテルの留置期間が3週間を超えると予測される場合は、ICUであっても、カフなしカテーテルよりもトンネル型カフ付カテーテルの方が好ましい^[59]。

肺動脈カテーテル：肺動脈カテーテルはフッ素樹脂製イントロデュースャを用いて挿入され、一般的に平均3日間留置される。肺動脈カテーテルの大半はヘパリンが結合されていて、これによりカテーテルの血栓が抑制されるのみでなく、カテーテルへの細菌の付着も抑制される^[307]。メタアナリシスから、肺動脈カテーテル挿入に伴うCRBSI発生率は、1000カテーテル日当たり3.7であり、薬剤を含有していない非トンネル型CVCで観察される発生率（1000カテーテル日当たり2.7）より多少高い^[6, 45]（監訳者註：商標の関係により原文から記載を一部変更しています。）。

前向き研究のデータは、カテーテルの留置期間が長くなるほど、有意な数のカテーテル細菌定着およびCRBSIのリスクが増大することを示している。一般的に、有意な数



のカテーテル細菌定着のリスクはカテーテル挿入から4日目より後に増大するのに対し^[75, 337, 338]、CRBSIのリスクはカテーテル挿入から5～7日目より後に増大する^[75, 84, 166]。イントロデューサに関する感染と肺動脈カテーテルに感染とを鑑別する取り組みが必要である。イントロデューサの有意な数の細菌定着は、肺動脈カテーテルの同様な細菌定着よりも早期に発生する^[337, 339]。しかし、予定された間隔でのカテーテル交換がCRBSIを減少させる効果的方法であることを示している研究はない^[165, 327, 339]。循環動態モニタリングが継続的に必要な患者では、肺動脈カテーテルの交換は7日ごとより頻繁に行う必要はない^[339]。7日を超えて留置する必要があるカテーテルの定期的交換については、明確な推奨を行うことはできない。

肺動脈カテーテルは通常、カテーテルに触れた場合の接触汚染を防止するため、薄いプラスチック製スリーブで包まれている。カテーテル166本に関する研究では、このスリーブを備えたカテーテルを留置する群に無作為に割り付けられた患者の方が、スリーブなしで留置される肺動脈カテーテルに割り付けられた患者よりも、CRBSIリスクは少なかった(P=0.002)^[81]。

臍帯カテーテル

推奨

1. CRBSIや下肢の血管の機能不全、血栓症の何らかの徴候がみられた場合は、臍帯動脈カテーテルを抜去し、入れ替えない^[145]。**カテゴリー II**

2. CRBSIまたは血栓症の何らかの徴候がみられた場合には、臍帯静脈カテーテルを抜去し、入れ替えない^[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で臍帯カテーテルの温存を試みることにする推奨はない。

未解決問題

4. カテーテルを挿入する前に臍帯の挿入部位を消毒薬で清拭する。ヨードアルコール溶液は新生児の甲状腺に影響を及ぼす可能性があるため避ける。他のヨード製剤(ポビドンヨードなど)は使用可能である^[146-150]。**カテゴリー IB**

5. 局所抗菌薬軟膏またはクリームは真菌感染と抗菌薬耐性を助長する可能性があるため、臍帯カテーテル挿入部位に使用しない^[88, 89]。**カテゴリー IA**

6. 臍帯動脈カテーテルを通して注入される輸液に少量のヘパリン(0.25-1.0U/ml)を添加する^[151-153]。**カテゴリー IB**

7. もはや必要でない場合、または下肢に血管不全の徴候がみられる場合は可能な限り早く臍帯カテーテルを抜去する。臍帯動脈カテーテルは5日を超えて留置しないことが望ましい^[145, 154]。**カテゴリー II**

8. 臍帯静脈カテーテルは必要がなくなった場合、可能な限り早く抜去するべきであるが、無菌的に管理される場合は、14日まで使用することができる^[155, 156]。**カテゴリー II**

9. 臍帯カテーテルが正常に機能せず、カテーテルを抜去すべき他の徴候がなく、総カテーテル留置期間が臍動脈カテーテルで5日間、臍静脈カテーテルで14日間を超えない場合には、カテーテルを交換することができる。**カテゴリー II**

背景

臍帯断端では出生直後に細菌が高濃度に定着するにも関わらず、新生児では血管アクセスのために臍帯血管カテーテル挿入が行われることが多い。臍帯血管へのカテーテル挿入は容易に行うことができ、また臍帯血管は採血および血行動態の測定も可能である。臍帯静脈カテーテルと臍帯動脈カテーテルにおけるカテーテル細菌定着およびBSIの発生率は同程度である。いくつかの研究で、臍帯動脈カテーテルの細菌定着率推定値は40～55%、CRBSI発生率は5%、一方、臍帯静脈カテーテルの細菌定着率は22～59%^[147, 148, 340]、CRBSI発生率は3～8%であった^[148]。各臍帯カテーテルのCRBSI発生率は、高位(横隔膜より上)と低位(横隔膜より下かつ大動脈分岐より上)で同程度であるが、高位に留置されたカテーテルでは血管合併症の発生率がより低く、有害な後遺症が増加することはない^[148]。

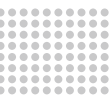
感染のリスク因子は、臍動脈カテーテルと臍静脈カテーテルで異なる。ある研究では、10日間を超えて抗生薬を投与された超低出生体重児で、臍動脈CRBSIのリスクが増大していた^[148]。これに対して、出生体重がより重く、経静脈的栄養輸液を投与された新生児では、臍帯静脈CRBSIのリスクが増大していた。双方のタイプの臍帯カテーテルにおける感染に関して、カテーテル留置期間は独立したリスク因子ではなかった。

最近の無作為化試験(n=210)において、臍帯静脈カテーテルを長期留置された(最長28日間)新生児では、7～10日間と臍帯静脈カテーテルを短期留置され、続いて経皮中心静脈カテーテルを留置される群に無作為化された新生児と比較して、CRBSIが同程度発生するか、または減少するかが評価された。CRBSI発生率は、カテーテルを長期留置された新生児(20%)の方が、短期留置された新生児(13%)と比較して高かった。この差は統計学的に有意ではなかった(p=0.17)が、そもそもこの試験の検出力は不十分であった。この研究は、静脈血栓症発生率の差を評価する検出力はなかった^[341]。

成人および小児患者における末梢動脈カテーテルおよび圧モニタリング機器

推奨

1. 感染リスクを低減するため、成人においては挿入部位として大腿動脈または腋窩動脈より、橈骨、上腕または足背動脈を使用することが望ましい^[46, 47, 157, 158]。**カテゴリー IB**
2. 小児においては上腕動脈は使用すべきではない。大腿動脈または腋窩動脈より、橈骨、足背または後脛骨動脈を使用することが望ましい^[46]。**カテゴリー II**
3. 末梢動脈カテーテルを挿入する際は、最低でもキャップ、マスク、滅菌手袋、および窓付きの小型滅菌ドレープを使用すべきである^[47, 158, 159]。**カテゴリー IB**
4. 腋窩動脈または大腿動脈へカテーテルを挿入する際は、高度無菌遮断予防策を実施するべきである。**カテゴリー II**
5. 動脈カテーテルは臨床的に必要な時にのみ交換する。**カテゴリー II**
6. 動脈カテーテルは、必要がなくなったら可能な限り早く抜去する。**カテゴリー II**
7. 可能であれば、再使用可能ではなく使い捨てのトランスデューサーアセンブリーを使用する^[160-164]。**カテゴリー IB**
8. カテーテル関連感染を予防するために定期的に動脈カテーテルを交換しない^[165, 166, 167, 168]。**カテゴリー II**
9. 使い捨てまたは再使用可能なトランスデューサーは96時間ごとに交換する。システムの他の構成部品(チューブ、持続フラッシュ器具およびフラッシュ溶液を含む)はトランスデューサーを交換するときに交換する^[37, 161]。**カテゴリー IB**
10. 圧モニタリングシステムのすべての構成部品(キャリブレーション器具およびフラッシュ溶液を含む)は無菌状態を維持する^[160, 169-171]。**カテゴリー IA**
11. 圧モニタリングシステムの操作およびシステムへの進



入を最小限に抑える。圧モニタリングカテーテルの開存性を維持するため、開放式システム（シリンジおよび活栓が必要なシステム）ではなく、閉鎖式システム（連続フラッシュ）を使用する^[163, 172]。**カテゴリー II**

12. 圧モニタリングシステムに活栓ではなく隔膜を通してアクセスする場合、システムにアクセスする前に、適切な消毒薬で隔膜をよく拭く^[163]。**カテゴリー IA**

13. 圧モニタリング回路を通してブドウ糖含有溶液または静脈栄養輸液を投与しない^[163, 173, 174]。**カテゴリー IA**

14. 使い捨てのトランスデューサーが使用できない場合、再使用可能なトランスデューサーをメーカーの指示に従って滅菌する^[163, 173-176]。**カテゴリー IA**

背景

動脈カテーテルは通常、橈骨動脈または大腿動脈に挿入され、血圧の連続モニタリングおよび血液ガス測定が可能になる。CRBSI発生率は、非コーティング、カフなし、非トンネル型短期留置用CVCと比較して低い(1000カテーテル日当たり1.7vs.2.7)^[6]。しかし、動脈カテーテルと、コーティング、カフなし、コーティング、非トンネル型短期留置用CVCのCRBSI発生率は同程度である^[6]。CVCの場合と異なり、動脈カテーテル挿入時に完全な遮断予防策を実施しても、動脈のCRBSIリスクは軽減しないと考えられる^[158, 159]。とはいえ、高度遮断予防策などの予防策を実施して動脈カテーテルを挿入した場合、きわめて低いCRBSI発生率(1000カテーテル日当たり0.41)を達成することができる^[47]。メタアナリシスでは、挿入部位3ヵ所(橈骨、大腿、腋窩)の間にCRBSI発生率の差は認められなかったが^[342]、大腿部位に挿入されたカテーテルの細菌定着は、より頻繁に発生した^[158]。さらに、高度遮断予防策を実施して挿入された動脈カテーテル2,900本に関する前向き観察研究は、大腿部位を使用する場合、橈骨部位と比較してCRBSI発生率がほぼ8倍になることを示した^[343]。さらに、大腿部位を使用する場合、グラム陰性菌に起因するCRBSIのリスクが増大する^[343]。カテーテル菌定着率およびCRBSI発生率は、橈骨部位および足背部位の間では同程度と考えられる^[157]。CRBSIの発生リスクはカテーテル留置期間に応じて増大するが^[166, 344]、動脈カテーテルを計画された時期に定期的に交換してもCRBSI発生率は低下

しない^[165]。5日間を超えて留置する必要があるカテーテルでは、感染のエビデンスが観察されなければ、定期的交換を行うべきではない。

輸液投与セットの交換

推奨

1. 血液、血液製剤または脂肪乳剤を投与していない患者において持続的に使用する輸液セットは、二次的セットや付属品を含め、96時間ごとより頻繁に交換しない^[177]、ただし、少なくとも7日ごとに交換する^[178-181]。**カテゴリー IA**

2. 間欠的に使用する輸液投与セットの交換頻度に関する推奨はない。**未解決問題**

3. 埋め込み型ポートにアクセスするための針の交換頻度に関する推奨はない。**未解決問題**

4. 血液、血液製剤または脂肪乳剤（3-in-1の形でアミノ酸およびブドウ糖と混合されるものまたは個別に注入されるものを含む）の投与に使用するチューブは、注入開始から24時間以内に交換する^[182-185]。**カテゴリー IB**

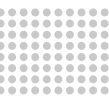
5. プロポフォール[®]の投与に使用するチューブは、メーカーの推奨(FDA ウェブサイト Medwatchを参照)に従って、6時間から12時間ごとにバイアルを交換する際に交換する^[186]。**カテゴリー IA**

6. 埋め込み型ポートにアクセスするための針の留置時間に関する推奨はない。**未解決問題**

背景

適切な対照を設けた複数の研究およびメタアナリシスで、輸液セットの定期交換の最適な間隔について検討が行われた。これらの研究のデータからは、使用開始後72-96時間ごとより頻繁に輸液セットを交換しないことが、安全かつ費用対効果に優れていることが明らかになっている^[141, 177, 179-181]。より最近の研究では、輸液セットを抗菌カテーテルと共に使用する場合、または微生物の増殖を促進するような輸液製剤（経静脈的栄養または血液）が使用されていない場合、最長7日間は輸液セットを安全に使用することができることが示唆されている^[216, 345]。微生物の増殖を促進するような輸液製剤（脂肪乳剤、血液製剤など）が注入される場合、これらの製剤はCRBSIに関する独立したリスク因子であるため、より頻繁な輸液セットの交換が適用される^[182, 216, 346-350]。埋め込み型ポートにアクセスす

るための針の留置時間とCRBSIの危険性に関するデータはほとんどない。一部の施設ではポートにアクセスする針をCRBSIの発生なしに数週間留置しているが、この実践は十分には研究されていない^[351]。



ニードルレス血管内カテーテルシステム

推奨

1. ニードルレス血管内カテーテルシステムの構成部品は少なくとも輸液投与セットと同じ頻度で交換する。72時間ごとより頻繁に交換することによるメリットはない^[39, 187-193]。**カテゴリー II**
2. ニードルレスコネクタは、感染率を低減する目的で72時間ごとより頻繁にならないよう交換するか、メーカーの推奨に従って交換する^[187, 189, 192, 193]。**カテゴリー II**
3. 漏れや破損を最小限にするために、システムのすべての構成部品の適合性を確認する^[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、ヨードホルムまたは70%アルコール)を用いてアクセスポートをよく拭き、滅菌された器具のみを用いてポートへアクセスすることによって、汚染のリスクを最小限にする^[189, 192, 194-196]。**カテゴリー IA**
5. 静注チューブにアクセスする際はニードルレスシステムを使用する。**カテゴリー IC**
6. いくつかのメカニカルバルブでは感染リスクが増加するため、ニードルレスシステムを使用する際は、それらのメカニカルバルブよりもスプリットセプタムが望ましいかもしれない^[197-200]。**カテゴリー II**

背景

薬剤の注入、点滴静注、および採血に用いられる活栓は、微生物が血管アクセスカテーテルおよび輸液製剤に侵入する入口になり得る。このような汚染がCRBSIを発生させる微生物の大きな進門戸であるか否かは証明されていない。とはいえ、活栓を使用しない場合は、キャップをしておくべきである。一般に、閉鎖式カテーテルアクセスシステムにおけるCRBSIの発生率は開放式システムに比べて低く、優先的に使用するべきである^[352]。

活栓の代替法として、「ピギーバック」システム(主となる輸液セットのポートを介した二次的な輸液セットからの間欠的な注入)が用いられている。しかし、注入ポート

のゴム製膜に進入する器具が、空気に曝露したり、針をポートに固定する未滅菌テープに直接接触したりした場合、ここでも血管内投与輸液製剤の汚染リスクが生じる。改良されたピギーバックシステムでは、これらの部位の汚染が防止される可能性がある^[353]。

医療従事者の鋭利物による損傷の発生率を低下させ、またこの損傷による血液媒介性感染の伝播を抑制するために、ニードルレス注入システムが導入され義務化された。市販されているニードルレスコネクタにはいくつかの種類がある。

ニードルレスシステムコネクタの第1のタイプは、針の代わりに先が鈍なカニューレを用いてアクセスするスプリットセプタムコネクタ(外付けカニューレにより作動するスプリットセプタム)で構成された。カニューレに合わせるためのコネクタ内部のスペースが大きいため、カニューレを抜去する際に陰圧になるおそれがあり、それが遠位管腔に血液を吸引し、これによりカテーテル閉塞や血栓症のリスクが増加する可能性がある。この問題を解決するため、コネクタを通した輸液製剤の流出を防止するバルブを備えた、ルアー作動デバイスが設計された。一部のルアー作動デバイスでは、無菌的に維持するのが難しく汚染しやすいために、使用していない間はキャップをする必要がある。

第2世代ニードルレスシステムのもう1つのタイプでは、閉塞の問題に対応するため、陽圧または等圧置換が組み込まれており、吸引した血液をフラッシュするまたはカテーテル内への吸引を防ぐ。

ニードルレスコネクタまたはメカニカルバルブコネクタの使用が、活栓およびキャップの使用と比較して、コネクタの細菌定着を減少させる効果がいくつかの研究において示された^[196, 354, 355]が、すべての研究においてではない^[356]。ある研究^[354]では、ニードルレスコネクタを標準的な活栓と比較したところ、CRBSIの頻度が低減していた。コネクタを介した微生物の伝播を防止するためには、適切な消毒薬を使用しなければならない^[357]。いくつかの研究において、細菌定着の抑制にはクロルヘキシジン/アルコール液を用いた器具の消毒が最も効果があることが示された^[195, 196]。さらに、その消毒に要する時間が重

要であるかもしれない。ある研究では、ルアー作動コネクターを70%アルコールで3～5秒間拭くだけでは隔壁表面を十分に消毒することができないことが示された^[358]。しかしながら、いくつものアウトブレイク調査において、外部カニューレにより作動するスプリットセプタムニードルレスコネクターをメカニカルバルブコネクターに変更したことに関連してCRBSIが増加したことが報告されている^[197, 198, 200, 359]。これらの関連の理由は不明である。また、特にニードルレスコネクターの物理的、機械的特性は製品により異なるので、これが特定の製品に特有であるのか、またはコネクターの種類に関連したものなのかはわかっていない。加えて、ある調査では、ルアー作動陰圧置換メカニカルバルブコネクターからルアー作動陽圧置換メカニカルバルブコネクターに変更することでCRBSIの増加がみられた^[199]。しかしながら、ある観察的研究においては、バンドル化した介入の一部として、ルアー作動陰圧置換メカニカルバルブコネクターを陽圧置換メカニカルバルブコネクターへ変更することでCRBSIの大幅な減少がみられた^[201]。これらのコネクターに関連するアウトブレイクを説明する項目として、プラスチック製被覆付き隔膜インターフェースの物理的性質のためコネクター表面の適切な消毒が困難なこと、輸液製剤の流動特性（層流と乱流）、内表面積、生じ得る輸液経路内の死腔、不透明な器具では輸液流路の視認性が低いこと、器具のフラッシュが不十分になること、および特にカテーテルが採血に使用される場合に、微生物が定着しやすい内部の凹凸が存在することなどがある^[199]。いくつかの研究が、ルアー作動コネクターへの変更に伴うCRBSIの増加は洗浄が不適切であったり、器具の交換頻度が少なかったりといった感染対策実務に関連する可能性があることを示している^[192, 194]。また、銀でコーティングされたコネクターバルブがFDAに承認されている。しかし、このコネクターに関する無作為化試験は報告されていないため、その使用に関する推奨を行うことはできない。同様に、ニードルレスコネクター用の抗菌バリアキャップが実験室レベルで研究されており、微生物の進入防止に効果的とみられる^[360]が、臨床試験による検討は行われていない。

パフォーマンス向上

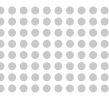
推奨

エビデンスに基づく推奨の遵守度を向上させるために、多面的な方策をバンドル化した、病院独自の取り組みまたは連携に基づいたパフォーマンス向上の取り組みを実施する。^[15, 69, 70, 201-205]。カテゴリー **IB**

背景

臨床上の意思決定者、医療費の支払者、患者安全性擁護団体は、研究からの知見を日常の診療に活かすことの重要性を強調している。高い内部妥当性を持ってデザインされた、外部妥当性を最適化する研究対象集団をもつ試験において、CRBSI予防対策を厳密に評価することは、依然として必要である。ある方法が効果的であり、経済的に効率的であると一旦判断されたら、次の段階は、これらのエビデンスに基づく方法を実践し、日常的な臨床医療の一環とすることである。残念ながら、米国の病院におけるエビデンスに基づくCRBSI予防対策の実施は、依然として最適ではない^[361, 362]。米国の700を超える病院を対象として2005年3月に行われた全米調査では、2002年に発行されたガイドライン^[363]においてCRBSIの予防のために広く推奨されている2つの対策、すなわち、中心ライン挿入時における高度無菌遮断予防策の使用およびクロルヘキシジングルコン酸塩を用いた部位の消毒について、約4分の1の病院がこのうちいずれかの対策は日常的に実施されていないと回答した^[364]。感染予防のためにCVCの定期交換を実施すべきではないとするエビデンスがあるにも関わらず、米国における病院の約15%がこれを実施していると報告した^[362, 364]。

これを受けて研究者らは、研究からの知見やエビデンスに基づく推奨を、診療により活かすことのできるように、様々なアプローチを試みた。医療従事者の教育、監査やフィードバック、組織の変革、臨床現場での注意喚起など、様々な方法を用いた多くの質の向上に関する研究が、ここ数年の間に公表された^[8-11, 69, 70, 202, 365-367]。たとえば、教育的介入の主な標的は、手指衛生、挿入時の高度無菌遮断予防策の実施、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ケア、不必要なカテーテルの迅速な抜去である。多くの前後比較研究が公表され、そのうちの数件は同時進行対照群を設けているもの



の^[15, 70]、CRBSI予防のために質を向上させるための方策を評価する無作為化比較対照試験は報告されていない^[368]。前後比較研究のほぼすべてにおいて、質を向上させるための方策が実施された後にCRBSI発生率が統計学的に有意に低下したことが報告された^[368]。さらに、2件の比較対照試験においても、介入群では対照群と比較して、CRBSIが統計学的に有意に減少したことが明らかになった^[15, 70]。

研究者らはまた、エビデンスに基づくガイドラインの遵守率が向上するように、いくつかの方策をバンドル化した多面的アプローチも用いた^[15, 69, 70]。そのような共同コホート研究の1つ^[69]は、ミシガン州における108のICUを対象とし、エビデンスに基づく5つの対策に関する医師の実施状況に関するものであった。5つの対策とは、手指衛生、高度無菌遮断予防策、クロルヘキシジンによる挿入部位の皮膚消毒、大腿部位への挿入を避けること、不必要な中心静脈カテーテルの迅速な抜去である。CRBSI予防に関して医師を教育することの他に行われた介入は、1) 必要な物品をすべて備えた中心静脈カテーテル用カート、2) 適切な対策の遵守を確保するためのチェックリスト、3) 緊急以外の状況下で、エビデンスに基づく方法が遵守されていない場合に、処置を中止させる手順、4) 日常の回診時に明確になった不必要な中心カテーテルの迅速な抜去、5) CRBSI発生件数および全発生率に関する臨床チームへのフィードバック、6) 研究開始前にクロルヘキシジングルコン酸塩製剤/溶液の在庫を準備できるよう参加病院の最高経営責任者が賛同することであった。研究者らは、分割時系列分析および多変量回帰分析を用いて、介入開始から約18ヵ月後に、統計学的に有意にCRBSI発生率が66%低下し^[69]、その後もその低減された状態が持続していたことを報告した^[369]。追跡およびフィードバックのための具体的なプロセスおよび結果の測定値（中心ライン感染の発生率、すべてのバンドル要素または個々のバンドル要素を実施して留置され、記録された中心カテーテルの割合）は、パフォーマンス向上のために明らかになった領域に基づいて個々の施設において明確にされるべきものである。

最後に、すべてのプログラムにおいて、カテーテルが留置された後のケアおよび維持に重きをおくことがパフォーマンス向上および品質保証の焦点となるべきである。CVC留置後のケアの実践およびこれに関する職員の知識を評価し、改善の余地のあるCVCケアの項目を特定

した研究では、挿入後ケアを改善する余地のある領域がいくつか明らかになった^[370]。患者106例におけるCVC 151本、計721カテーテル日に関するデータが記録された。全体で323件のケアにおける違反が特定され、不履行率は44.8%であり、集中治療室(ICU)と非ICU病棟との間で有意差が見られた($P < 0.001$)。CVCケアの主な違反として、(破損のある)ドレッシング材および(正しく装着されていない)キャップが、1000カテーテル日当たりそれぞれ158の違反および156の違反が特定された。ケアの信頼性を向上させる介入は、ベストプラクティスを実践しやすくすることに焦点を置くべきである。

参考文献

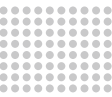
1. Mermel LA. Prevention of intravascular catheter-related infections. (Erratum: *Ann Intern Med* 133:395, 2000). *Ann Intern Med* 2000; 132:391–402.
2. Dimick JB, Pelz RK, Consunji R, Swoboda SM, Hendrix CW, Lipsett PA. Increased resource use associated with catheter-related bloodstream infection in 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; 91:197S–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. Trotter 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, McIvor J, Brown EA. Subclavian stenosis: a major complication of subclavian dialysis catheters. *Nephrol Dial Transplant* 1988; 3:423–5.
 58. Terrotola 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:S137–81.
 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; 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:S3–40.
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 Anestesiol* 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, Muytjens 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 tunnelled 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, Cochar 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 tunneled, 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 umbilicalarterialcatheters on frequencyof 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 contamination 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. Wisplinghoff 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 influence 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, Platzler 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, Viviani X, Potie F, Vialet 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, Dierenfeld J, et al. Prospective randomized trial of 10% povidone-iodine versus 0.5% tincture of chlorhexidine as cutaneous antisepsis 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. Marciante 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, Studniska D, Gavrus RL, Csapak G, Hagau R, Slavcovic 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, McMahan 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:S3–11.
 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 metaanalysis 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, 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. Appलगren 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, Yosucio 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, Faroqui 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.

Guidelines for the Prevention of Intravascular Catheter-Related Infections

Naomi P. O'Grady, M.D.¹

Mary Alexander, R.N.²

Lillian A. Burns, M.T., M.P.H., C.I.C.³

E. Patchen Dellinger, M.D.⁴

Jeffery Garland, M.D., S.M.⁵

Stephen O. Heard, M.D.⁶

Pamela A. Lipsett, M.D.⁷

Henry Masur, M.D.1, Leonard A. Mermel, D.O., Sc.M.⁸

Michele L. Pearson, M.D.⁹

Issam I. Raad, M.D.¹⁰

Adrienne Randolph, M.D., M.Sc.¹¹

Mark E. Rupp, M.D.¹²

Sanjay Saint, M.D., M.P.H.¹³

1 National Institutes of Health, Bethesda, Maryland

2 Infusion Nurses Society, Norwood, Massachusetts

3 Greenwich Hospital, Greenwich, Connecticut

4 University of Washington, Seattle, Washington

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

6 University of Massachusetts Medical School, Worcester, Massachusetts

7 Johns Hopkins University School of Medicine, Baltimore, Maryland

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

9 Office of Infectious Diseases, CDC, Atlanta, Georgia

10 MD Anderson Cancer Center, Houston, Texas

11 The Children's Hospital, Boston, Massachusetts

12 University of Nebraska Medical Center, Omaha, Nebraska

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