Guía para la prevención de infecciones relacionadas con el catéter intravascular

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] y Healthcare Infection Control Practices Advisory Committee (HICPAC)[14].

[1] National Institutes of Health, Bethesda, Maryland
[2] Infusion Nurses Society, Norwood, Massachusetts
[3] Greenich 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

[14] Healthcare Infection Control Practices Advisory Committee (HIPAC)

CHAIRMAN

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

EXECUTIVE SECRETARY

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

MEMBERSHIP

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

SCHECTER, William, P., MD
Professor of Surgery
Department of Surgery
San Francisco General Hospital
Guidelines for the Prevention of Intravascular Catheter-Related Infections

EX-OFFICIO MEMBERS

Agency for Healthcare Research and Quality (AHRQ)
BAINE, William B., MD
Senior Medical Advisor
Center for Outcomes and Evidence

Center for Medicare & Medicaid Services (CMS)
MILLER, Jeannie, RN, MPH
Deputy Director, Clinical Standards Group

Food and Drug Administration (FDA)
MURPHEY, Sheila A., MD Division of Anesthesiology, General Hospital Infection Control Dental Devices
Center for Devices and Radiology Health

National Institute of Health (NIH)
HENDERSON, David, MD
Deputy Director for Clinical Care
Associate Director for Hospital Epidemiology and Quality Improvement
NIH Clinical Center

Department of Veterans Affairs (VA)
ROSELLE, Gary A., MD
National Program Director, Infectious Diseases
VA Central Office
Cincinnati VA Medical Center

LIAISONS

Advisory Council for the Elimination of Tuberculosis (ACET)
STRICOF, Rachel L., MPH

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

American Health Care Assn (AHCA)
FITZLER, Sandra L., RN
Senior Director of Clinical Services

American Hospital Association (AHA)
SCHULMAN, Roslyne, MHA, MBA
Director, Policy Development

Association of Professionals of Infection Control and Epidemiology, Inc. (APIC)
DeBAUN, Barbara, MSN, RN, CIC

Association of periOperative Registered Nursed (AORN)
BLANCHARD, Joan C., RN, BSN

Council of State and Territorial Epidemiologists (CSTE)
KAINER, Marion MD, MPH
Director, Hospital Infections and Antimicrobial Resistance Program Tennessee Department Health

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

Infectious Disease Society of America (IDSA)
HUSKINS, W. Charles MD, MSc
Division of Pediatric Infectious Diseases
Assistant Professor of Pediatrics
Mayo Clinic

Public Health Agency of Canada
PATON, Shirley, RN, MN
Senior Advisor Healthcare Acquired Infections
Center for Communicable Diseases and Infection Control

Society for Healthcare Epidemiology of America (SHEA)
MARAGAKIS, Lisa, MD
Assistant Professor of Medicine John Hopkins Medical Institutions

Society of Hospital Medicine
SAINT, Sanjay, MD, MPH Director, Ann Arbor VA Medical Center/University of Michigan Patient Safety Enhancement Program

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

Índice de contenidos

Sobre esta guía 7

Introducción 9

Índice de recomendaciones 11

Educación, formación y dotación del personal 11
Selección de catéteres y lugares de inserción 11
Catéteres periféricos y de vía media 11
Catéteres venosos centrales 12
Higiene de las manos y técnica aséptica 13
Precauciones de máxima barrera estéril 14
Preparación de la piel 14
Regímenes de apósitos en el sitio de inserción del catéter 14
Higiene del paciente 16
Soportes de seguridad del catéter 16
Catéteres y manguitos impregnados de antimicrobiano/antiséptico 16
Profilaxis antibiótica sistemática 16
Pomadas antisépticas/antibióticas 16
Profilaxis mediante sellado antibiótico, enjuague antimicrobiano del catéter y profilaxis por bloqueo del catéter 17
Anticoagulantes 17
Sustitución de catéteres periféricos y de vía media 17
Sustitución de catéteres venosos centrales, incluidos PICC y catéteres de hemodiálisis 17
Catéteres umbilicales 18
Catéteres arteriales periféricos y dispositivos de monitorización de la presión para pacientes adultos y niños 19

Cambio de los sistemas de administración 20
Sistemas de catéter intravascular sin aguja 20
Mejora de la actuación 21
Terminología y estimación de riesgo 23

Antecedentes 23

Epidemiología y microbiología en pacientes adultos y niños 25
Patogenia 26
Estrategias para la prevención de infecciones relacionadas con el catéter en pacientes adultos y niños 27
Educación, formación y dotación del personal 27
Selección de catéteres y lugares de inserción 28
Catéteres periféricos y de vía media 28
Catéteres venosos centrales 29
Higiene de las manos y técnica aséptica 32
Precauciones de máxima barrera estéril 33
Preparación de la piel 33
Regímenes de apósitos en el sitio de inserción del catéter 34
Higiene del paciente 37
Soportes de seguridad del catéter 38
Catéteres y manguitos impregnados de antimicrobiano/antiséptico 38
Profilaxis antibiótica sistemática 41
Pomadas antisépticas/antibióticas 42
Profilaxis mediante sellado antibiótico, enjuague antimicrobiano del catéter y profilaxis por bloqueo del catéter 43
Anticoagulantes 45
Sustitución de catéteres periféricos y de vía media 46
Sustitución de catéteres venosos centrales, incluidos PICC y catéteres de hemodiálisis 47
Catéteres umbilicales 50
Los catéteres arteriales periféricos y de monitorización de presión Dispositivos para pacientes adultos y niños 52
Cambio de los sistemas de administración 54
Sistemas de catéter intravascular sin aguja 55
Mejora de la actuación 58

Bibliografía 61

Sobre esta guía

Esta Guía se ha desarrollado para los facultativos que implantan catéteres, así como para las personas responsables de vigilar y controlar las infecciones en hospitales, servicios de consulta externa y servicios de cuidados domiciliarios. Ha sido preparada por un grupo formado por miembros de organizaciones profesionales que representan las disciplinas de medicina de cuidados intensivos, medicina interna, control de la infección en los cuidados médicos, cirugía, anestesiología, radiología intervencionista, neumología, medicina pediátrica y enfermería. Este grupo de trabajo estaba liderado por la Society of Critical Care Medicine (SCCM), en colaboración con la Infectious Diseases Society of America (IDSA), la Society for Healthcare Epidemiology of America (SHEA), la Surgical Infection Society (SIS), el American College of Chest Physicians (ACCP), la American Thoracic Society (ATS), la American Society of Critical Care Anesthesiologists (ASCCA), la Association for Professionals in Infection Control and Epidemiology (APIC), la Infusion Nurses Society (INS), la Oncology Nursing Society (ONS), la American Society for Parenteral and Enteral Nutrition (ASPEN), la Society of Interventional Radiology (SIR), la American Academy of Pediatrics (AAP), la Pediatric Infectious Diseases Society (PIDS) y el Healthcare Infection Control Practices Advisory Committee (HICPAC) de los Centers for Disease Control and Prevention (CDC), y sustituye a la "Guía para la Prevención de Infecciones Relacionadas con Dispositivos Intravasculares", publicada en 2002.

En esta guía, se pretende proporcionar recomendaciones basadas en la experiencia para prevenir las infecciones relacionadas con los catéteres. Los principales aspectos en los que se hace hincapié son: 1) educación y formación del personal sanitario que implanta y mantiene los catéteres; 2) utilización de las máximas precauciones de barrera durante la inserción de catéteres venosos centrales; 3) utilización de una preparación de clorhexidina superior al 0,5% para la antisepsia de la piel; 4) evitar la sustitución sistemática de catéteres venosos centrales como estrategia para prevenir las infecciones, y 5) utilización de catéteres venosos centrales de corta duración impregnados en antiséptico/antibiótico si el grado de infección que existe no disminuye a pesar de la aplicación de otras estrategias (educación y formación, máximas precauciones de barrera y preparaciones de clorhexidina superiores al 0,5% con alcohol para la antisepsia de la piel).

Esta guía también destaca la mejora de la actuación con la implementación de estrategias integradas, e índices de documentación e informes sobre cumplimiento de todos los componentes del paquete, como *benchmarking*/referencias para asegurar la calidad y la mejora del rendimiento.

Como en las recomendaciones anteriores editadas por los CDC y el HICPAC, cada recomendación está clasificada en función de los datos científicos existentes, del razonamiento teórico, de la aplicabilidad y del impacto económico. El sistema para la clasificación de las recomendaciones es el siguiente:

- **Categoría IA.** Muy recomendada para su implantación, y ampliamente demostrada por estudios experimentales, clínicos o epidemiológicos bien diseñados.
- **Categoría IB.** Muy recomendada para su implantación, y apoyada en algunos estudios experimentales, clínicos o epidemiológicos, así como por un sólido razonamiento teórico; o una práctica aceptada (p. ej., técnica aséptica) apoyada por evidencia limitada.
- **Categoría IC.** Exigida por las reglamentaciones, reglas o normas estatales o federales.
- **Categoría II.** Sugerida para la implantación, y apoyada por estudios sugestivos clínicos o epidemiológicos, o por algún razonamiento teórico.
- **Punto no resuelto.** Representa un punto en el que no existen pruebas suficientes ni consenso en cuanto a la eficacia.

Introducción

En Estados Unidos, se registran 15 millones-días de catéteres intravasculares centrales (CVC) (total de días de exposición a los CVC dividido entre todos los pacientes de la población seleccionada, durante el plazo definido) en las unidades de cuidados intensivos (UCI) cada año (1).

Los estudios han abordado diversas infecciones del torrente sanguíneo relacionadas con el catéter (CRBSI). Independientemente de que aumentan los costes de hospital y alargan la estancia (2-5), estas infecciones, en general, no han demostrado que aumenten la mortalidad. Mientras que se producen 80.000 CRSBI en las UCI cada año (1), se calcula un total de 250.000 casos de BSI al año, si se evalúan todos los hospitales (6). Por diferentes análisis, el coste de estas infecciones es sustancial, tanto en términos de morbilidad como de recursos financieros empleados. Para reducir las estancias hospitalarias y los costes sanitarios, existe un considerable interés en los gestores sanitarios, las aseguradoras, las agencias reguladoras y los defensores de los pacientes, que abogan por reducir la incidencia de estas infecciones. Este debe ser un esfuerzo multidisciplinar, incluyendo a los profesionales de la sanidad que prescriben la implantación y retirada de los CVC, el personal que implanta y mantiene los catéteres intravasculares, el personal de control de infecciones, los responsables sanitarios (incluyendo los directores ejecutivos) y todos aquellos que asignan recursos, así como los pacientes capaces de ayudar en el cuidado de los catéteres.

El objetivo de un programa efectivo de prevención debe ser la eliminación de las CRBSI de todas las áreas de cuidados del paciente. Aunque éste es el reto y los programas han tenido éxito, la eliminación sostenida requiere un esfuerzo continuo. El

objetivo de las medidas debatidas en este documento es reducir la incidencia tanto como sea posible, dadas la población de pacientes específicos atendida, la presencia universal de microorganismos en el entorno humano, y las limitaciones de las actuales estrategias y las tecnologías.

Índice de recomendaciones

Educación, formación y dotación del personal

1. Educar al personal sanitario con las indicaciones para el uso de catéteres intravasculares, los procedimientos adecuados para su inserción y mantenimiento, y las adecuadas medidas de control de la infección para prevenir las infecciones relacionadas con catéteres intravasculares (7-15). **Categoría IA.**
2. Evaluar periódicamente el conocimiento y el cumplimiento de las instrucciones en todas aquellas personas que implantan y manejan catéteres intravasculares (7-15). **Categoría IA.**
3. Designar sólo personal formado que demuestre competencia en la inserción y el mantenimiento de catéteres intravasculares periféricos y centrales (14-28).
4. Garantizar unos niveles adecuados para el personal de enfermería adscrito a las UCI. Estudios de observación sugieren que muchas enfermeras no especializadas o una proporción elevada de pacientes por enfermera se asocian a CRBSI en las UCI donde las enfermeras tratan pacientes con CVC (29-31). **Categoría IB.**

Selección de catéteres y lugares de inserción

Catéteres periféricos y de vía media

1. En los adultos, se escogerá un punto en una extremidad superior para la inserción del catéter. Hay que reubicar en una extremidad superior cualquier catéter insertado en una extremidad inferior lo antes posible. **Categoría II.**

2. En los niños, se pueden usar las extremidades superiores o inferiores, o el cuero cabelludo (neonatos o lactantes) como sitios de inserción de un catéter (32-33). **Categoría II.**
3. Seleccionar los catéteres en función del objetivo buscado y de la duración prevista de uso, de las complicaciones infecciosas o no infecciosas conocidas (p. ej., flebitis e infiltración), y de la experiencia de los manipuladores de los catéteres (33-35). **Categoría IB.**
4. Evitar el uso de agujas de acero para la administración de líquidos y medicaciones que pudieran provocar necrosis de los tejidos en caso de extravasación (67,68). **Categoría IA.**
5. Utilizar un catéter de vía media o PICC, en lugar de uno corto periférico, cuando se prevé que la duración del tratamiento intravenoso superará los 6 días. **Categoría II.**
6. Evaluar el sitio de inserción del catéter diariamente, mediante palpación a través del apósito, con el fin de averiguar la sensibilidad, o mediante inspección, si se utiliza un apósito transparente. Los apósitos de gasa y opacos no se deben quitar si el paciente no presenta signos clínicos de infección. Si el paciente presenta sensibilidad local u otros signos de posible CRBSI, se deberá quitar el apósito opaco para efectuar una inspección visual del sitio. **Categoría II.**
7. Quitar el catéter venoso periférico si el paciente presenta signos de flebitis (calor, sensibilidad, eritema y cordón venoso palpable), infección o mal funcionamiento del catéter (36). **Categoría IB.**

Catéteres venosos centrales

1. Sopesar los riesgos y las ventajas de colocar un dispositivo venoso central en un sitio recomendado para reducir las complicaciones infecciosas frente a los riesgos de complicaciones mecánicas (p. ej., neumotórax, punción de la arteria subclavia, laceración de la vena subclavia, estenosis de la vena subclavia, hemotórax, trombosis, embolia gaseosa y mala colocación del catéter) (37-53). **Categoría IA.**
2. Evitar el uso de la vena femoral para el acceso venoso central en pacientes adultos (38, 50, 51, 54). **Categoría IA.**
3. Usar un punto subclavio, en lugar de un punto yugular o femoral, en los pacientes adultos para minimizar el riesgo de infección al colocar un CVC no tunelizado (50-52). **Categoría IB.**

4. No se puede hacer ninguna recomendación en cuanto al lugar preferible de inserción para minimizar el riesgo de infección de un CVC tunelizado (61-63). **Punto no resuelto.**
5. Evitar la región subclavia en pacientes en hemodiálisis y en pacientes con enfermedad renal avanzada, para evitar la estenosis de la vena subclavia (53, 55-58). **Categoría IA.**
6. Usar una fístula o un injerto en pacientes con insuficiencia renal crónica en lugar de un CVC para un acceso permanente para diálisis (59). **Categoría IA.**
7. Usar guía ecográfica para colocar catéteres venosos centrales (si esta tecnología está disponible), para reducir el número de intentos de *canulación* y complicaciones mecánicas. La guía ecográfica debe ser utilizada sólo por personal totalmente formado en esa técnica (60-64). **Categoría IB.**
8. Utilizar un CVC con el número mínimo de puertos o luces/aberturas esenciales para el tratamiento del paciente (251-254). **Categoría IB.**
9. No puede hacerse ninguna recomendación sobre el uso de una luz designada para la nutrición parenteral. **Punto no resuelto.**
10. Quitar rápidamente cualquier catéter intravascular que ya no sea imprescindible (69-72). **Categoría IA.**
11. Cuando no pueda asegurarse el cumplimiento de la técnica aséptica (p. ej., catéteres insertados durante una urgencia médica), se reemplazará tan pronto como sea posible, por ejemplo, en 48 horas (37, 73-76). **Categoría IB.**

Higiene de las manos y técnica aséptica

1. Seguir los procedimientos de higiene de las manos, lavando las manos con jabón convencional con antiséptico y agua, o bien con masajes de manos a base de alcohol (ABHR). Efectuar higiene de las manos antes y después de manipular sitios de inserción de catéteres, y también antes y después de insertar, reemplazar, acceder, reparar o colocar un apósito en un catéter intravascular. La palpación del sitio de inserción no debe hacerse después de la aplicación de antiséptico, salvo que se mantenga la técnica aséptica (12, 77-79). **Categoría IB.**
2. Mantener la técnica aséptica para la inserción y el cuidado de catéteres intravasculares (37, 73, 74, 76). **Categoría IB.**
3. Utilizar guantes limpios, en lugar de guantes estériles, en caso de inserción de catéteres intravasculares periféricos, si no se toca el punto de acceso después de la aplicación de antisépticos cutáneos. **Categoría IC.**

4. Utilizar guantes estériles para la inserción de catéteres arteriales, centrales y de vía media (37,73, 74, 76). **Categoría IA.**
5. Utilizar guantes y campo estériles cuando se realiza un cambio sobre guía. **Categoría II.**
6. Utilizar guantes limpios o estériles cuando se cambie el apósito de catéteres intravasculares. **Categoría IC.**

Precauciones de máxima barrera estéril

1. Utilizar las máximas precauciones de barrera estéril, incluyendo el uso de gorro, mascarilla, bata estéril, guantes estériles y un paño quirúrgico de cuerpo entero estéril para la inserción de CVC, PICC o para el cambio sobre guía (14, 75, 76). **Categoría IB.**
2. Usar una manga/funda estéril para proteger los catéteres arteriales pulmonares durante la inserción (81). **Categoría IB.**

Preparación de la piel

1. Preparar la piel limpia con un antiséptico de alcohol al 70%, tintura de yodo, un yodóforo o clorhexidina antes de la inserción de un catéter venoso periférico (82). **Categoría IB.**
2. Preparar la piel limpia con una preparación de >0,5% de clorhexidina con alcohol antes de la inserción de un catéter venoso central y de un catéter arterial periférico, y durante los cambios de apósito. Si existe contraindicación a la clorhexidina, pueden usarse como alternativas tintura de yodo, un yodóforo o alcohol al 70% (82, 83). **Categoría IA.**
3. No se han realizado comparaciones entre el uso de preparados de clorhexidina con alcohol y povidona yodada en alcohol para preparar la piel limpia. **Punto no resuelto.**
4. No se puede hacer ninguna recomendación sobre la seguridad o eficacia de la clorhexidina en lactantes menores de 2 meses. **Punto no resuelto.**
5. Antes de colocar el catéter, deben autorizarse antisépticos para secar de acuerdo con la recomendación del fabricante (82-83). **Categoría IB.**

Regímenes de apósitos en el sitio de inserción del catéter

1. Utilizar una gasa estéril o un apósito estéril, transparente y semipermeable para cubrir el sitio del catéter (84-87). **Categoría IA.**

2. Si el paciente es diaforético o si el sitio presenta hemorragia o rezuma, usar un apósito de gasa hasta que se resuelva (84-85). **Categoría II.**
3. Sustituir el apósito del sitio de inserción del catéter si se humedece, se afloja o está visiblemente sucio (88, 89). **Categoría IB.**
4. No usar pomadas ni cremas antibióticas tópicas en los sitios de inserción, salvo para catéteres de diálisis, por su potencial para promover las infecciones fúngicas y la resistencia antimicrobiana (88, 89). **Categoría IB.**
5. No sumergir el catéter o el sitio del catéter en agua. Se permite una ducha si se pueden tomar precauciones para reducir la probabilidad de introducir gérmenes en el catéter (p. ej., si el catéter y el dispositivo de conexión están protegidos con un recubrimiento impermeable durante la ducha) (90-02). **Categoría IB.**
6. Cambiar los apósitos utilizados en los sitios de inserción de CVC de corta duración cada 2 días en caso de apósitos de gasa. **Categoría II.**
7. Cambiar los apósitos transparentes utilizados en los sitios de inserción de CVC de corta duración al menos cada 7 días, excepto en aquellos pacientes pediátricos en los que el riesgo de mover el catéter sea mayor que las ventajas derivadas del cambio de apósito (87, 93). **Categoría IB.**
8. Cambiar los apósitos transparentes utilizados en los sitios de inserción de CVC tunelizados o implantados no más de una vez a la semana (salvo que esté sucio o flojo) hasta que el sitio de inserción haya cicatrizado. **Categoría II.**
9. No se puede hacer ninguna recomendación en cuanto a la necesidad de usar apósito en la salida bien cicatrizados en los CVC de larga duración con *manguitos* y tunelizados. **Punto no resuelto.**
10. Asegurar la compatibilidad de la piel del paciente con el material del catéter (94, 95). **Categoría IB.**
11. Usar una funda estéril para todos los catéteres arteriales pulmonares. **Categoría IB.**
12. Usar un apósito de esponja de clorhexidina para catéteres temporales de corta duración en pacientes de más de 2 meses de edad si la tasa de CLABSI no disminuye a pesar de cumplir con las medidas básicas de prevención, incluyendo la educación y formación, uso adecuado de la clorhexidina para la esterilización de la piel y **Categoría IB.**
13. No se hace recomendación de otros tipos de apósitos con clorhexidina. **Punto no resuelto.**
14. Controlar visualmente los sitios de inserción de los catéteres cuando se cambie el apósito, o al tacto a través del apósito intacto, de forma periódica, depen-

diendo de la situación clínica de cada paciente. Si los pacientes padecen alguna sensibilidad en el sitio de inserción, fiebre sin origen evidente u otras manifestaciones que pudieran sugerir una infección local o BSI, debe retirarse el apósito para permitir el examen del sitio (99-100). **Categoría IB.**

15. Animar a los pacientes a comunicar al personal sanitario cualquier cambio o molestia percibidos en el sitio de inserción del catéter. **Categoría II.**

Higiene del paciente

Usar un lavatorio de clorhexidina al 2% en la limpieza diaria de la piel para reducir las CRBSI (102-104). **Categoría II.**

Soportes de seguridad del catéter

Usar un dispositivo de seguridad sin suturas para reducir el riesgo de infección por catéteres intravasculares (105). **Categoría II.**

Catéteres y manguitos impregnados de antimicrobiano/antiséptico

Usar un CVC impregnado de clorhexidina/sulfadiazina de plata o minociclina/rifampicina en los pacientes cuyo catéter permanecerá previsiblemente en su sitio más de 5 días si, después de implementar con éxito una estrategia global para reducir el índice de CRBSI, éste no disminuye. La estrategia global debe incluir al menos los siguientes tres componentes: formar a las personas que insertan y mantienen catéteres, usar precauciones estériles máximas y emplear una preparación de clorhexidina con alcohol superior al 0,5% para la antisepsia cutánea durante la inserción del CVC (10-113). **Categoría IA.**

Profilaxis antibiótica sistemática

No administrar profilaxis antimicrobiana sistemática de forma rutinaria antes de la inserción o durante el uso de un catéter intravascular para evitar la colonización del catéter o las BSI (114). **Categoría IB.**

Pomadas antisépticas/antibióticas

Usar pomada antiséptica de povidona yodada o bacitracina/graminicina/polimixina B en el punto de salida del catéter de hemodiálisis después de la inserción de éste y al final de cada sesión de diálisis, sólo si esta pomada no interac-

túa con el material del catéter de hemodiálisis, según las recomendaciones del fabricante (59, 115-119). **Categoría IB.**

Profilaxis mediante sellado antibiótico, enjuague antimicrobiano del catéter y profilaxis por bloqueo del catéter

Usar solución antimicrobiana de bloqueo en pacientes con catéteres de larga duración y antecedentes de múltiples CRBSI a pesar de observarse al máximo la técnica aséptica (120-138). **Categoría II.**

Anticoagulantes

No usar de forma sistemática tratamiento anticoagulante para reducir el riesgo de infección relacionada con el catéter en la población general (139). **Categoría II.**

Sustitución de catéteres periféricos y de vía media

1. No hay necesidad de sustituir los catéteres periféricos con una frecuencia superior a 72-96 horas para reducir el riesgo de infección y flebitis en los adultos (36, 140, 141). **Categoría IB.**
2. No hay recomendación en cuanto a la sustitución de catéteres periféricos en los adultos, salvo cuando está clínicamente indicado (142-144). **Punto no resuelto.**
3. Sustituir los catéteres periféricos en los niños sólo cuando está clínicamente indicado (32, 33). **Categoría IB.**
4. Sustituir los catéteres de vía media sólo cuando exista indicación específica. **Categoría II.**

Sustitución de catéteres venosos centrales, incluidos PICC y catéteres de hemodiálisis

1. No sustituir sistemáticamente CVC, PICC, catéteres de hemodiálisis ni catéteres arteriales pulmonares para prevenir las infecciones relacionadas con catéteres. **Categoría IB.**
2. No retirar un CVC o un PICC sólo por la aparición de fiebre. Usar un diagnóstico clínico para evaluar la pertinencia de quitar el catéter, dependiendo de si la infección se declara en otro sitio o si se sospecha de una fiebre de causa no infecciosa. **Categoría II.**

3. No usar sistemáticamente cambios de guía en los catéteres no tunelizados para prevenir la infección. **Categoría IB.**
4. No usar cambios de guía para sustituir un catéter no tunelizado sospechoso de infección. **Categoría IB.**
5. Usar el cambio de guía para reemplazar un catéter no tunelizado que no funciona bien si no hay evidencia de infección. **Categoría IB.**
6. Usar guantes estériles nuevos antes de manipular un nuevo catéter cuando se realicen cambios de guía. **Categoría II.**

Catéteres umbilicales

1. Quitar y no reponer los catéteres arteriales umbilicales si aparece cualquier signo de CRBSI, insuficiencia vascular en las extremidades inferiores o trombosis (145). **Categoría II.**
2. Quitar y no reemplazar catéteres venosos umbilicales si aparece cualquier signo de CRBSI o de trombosis (145). **Categoría II.**
3. No se puede hacer ninguna recomendación sobre intentar rescatar un catéter umbilical administrando antibiótico a través del mismo. **Punto no resuelto.**
4. Limpiar el sitio de la inserción umbilical con un antiséptico antes de la inserción del catéter. Evitar la tintura de yodo por sus posibles efectos sobre la glándula tiroidea del neonato. Se pueden utilizar otros productos que contienen yodo (p. ej., povidona yodada) (146-150). **Categoría IB.**
5. No usar pomadas o cremas antibióticas tópicas en los puntos de inserción de los catéteres umbilicales por su potencial para promover las infecciones fúngicas y la resistencia antimicrobiana (88-89). **Categoría IA.**
6. Añadir dosis bajas de heparina (0,25-1,0 UI/ml) al líquido de infusión a través de los catéteres arteriales umbilicales (151-153). **Categoría IB.**
7. Retirar los catéteres umbilicales lo antes posible cuando ya no se necesiten o cuando se observa algún signo de insuficiencia vascular en las extremidades inferiores. En condiciones óptimas, los catéteres arteriales umbilicales no deben permanecer más de 5 días (145-154). **Categoría II.**
8. Los catéteres venosos umbilicales se tienen que retirar lo antes posible cuando ya no se necesiten, pero se pueden emplear hasta durante 14 días si se manipulan de forma aséptica (155, 156). **Categoría II.**
9. Un catéter umbilical puede sustituirse si funciona mal y no hay otra indicación para su retirada, y la duración total no es superior a 5 días, para un catéter arterial umbilical, o 14 días, para un catéter venoso umbilical. **Categoría II.**

Catéteres arteriales periféricos y dispositivos de monitorización de la presión para pacientes adultos y niños

1. En los adultos, usar preferentemente como sitio de inserción las zonas radial, braquial o dorsal del pie frente a las zonas femoral o axilar, para reducir el riesgo de inserción (46, 47, 157, 158). **Categoría IB.**
2. En los niños, no se debe usar el área braquial. Son preferibles las zonas como la radial, dorsal del pie y tibial posterior frente a la femoral o la axilar (46). **Categoría II.**
3. Deben usarse, como mínimo, gorro, mascarilla, guantes estériles y un pequeño delantal estéril durante la inserción de un catéter arterial periférico (47, 158, 159). **Categoría IB.**
4. Durante la inserción de un catéter en la arteria axilar o femoral, deben tomarse las precauciones de máxima barrera estéril. **Categoría II.**
5. Se sustituirán los catéteres arteriales sólo cuando haya indicación clínica. **Categoría II.**
6. Extraer el catéter arterial en cuanto no sea ya necesario. **Categoría II.**
7. Usar conjuntos de transductor desechables, en lugar de reutilizables, cuando sea posible (160-164). **Categoría IB.**
8. No cambiar de forma sistemática los catéteres arteriales para evitar las infecciones relacionadas con éstos (165, 166, 167, 168). **Categoría II.**
9. Reemplazar los transductores desechables o reutilizables a intervalos de 96 horas. Cambiar los otros componentes del sistema (incluyendo las tuberías, el dispositivo de enjuague continuo y la solución de enjuague) al mismo tiempo que se reemplaza el transductor (37, 161). **Categoría IB.**
10. Mantener estériles todos los componentes del sistema de vigilancia de presión (incluidos los dispositivos de calibración y la solución de enjuague) (169-171). **Categoría IA.**
11. Minimizar el número de manipulaciones y accesos al sistema de vigilancia de presión. Usar un sistema de enjuague cerrado (p. ej., enjuague continuo) en lugar de un sistema abierto (p. ej., uno que requiera una jeringuilla y llave de paso) para mantener la permeabilidad de los catéteres de vigilancia de presión (272, 278). **Categoría II.**
12. Cuando se accede al sistema de vigilancia de presión a través de un diafragma en lugar de una llave de paso, limpiar el diafragma con un antiséptico apropiado antes de acceder al sistema (163). **Categoría IA.**

13. No administrar soluciones que contengan glucosa ni líquidos de nutrición parenteral a través del circuito de vigilancia de presión (163, 173, 174). **Categoría IA.**
14. Esterilizar los transductores reutilizables de acuerdo con las instrucciones del fabricante cuando no es posible usar los desechables (163, 173-176). **Categoría IA.**

Cambio de los sistemas de administración

1. En los pacientes que no están recibiendo sangre, hemoderivados ni emulsiones lipídicas, sustituir los sistemas de administración usados continuamente, incluyendo los secundarios y los dispositivos adicionales, con una frecuencia superior a la de intervalos de 96 horas (177), pero al menos cada 7 días (178-181). **Categoría IA.**
2. No puede hacerse ninguna recomendación sobre la frecuencia de reemplazo de los sistemas de administración usados intermitentemente. **Punto no resuelto.**
3. No puede hacerse ninguna recomendación sobre la frecuencia de reemplazo de las agujas de accesos a puertos subcutáneos. **Punto no resuelto.**
4. Cambiar los sistemas utilizados para administrar sangre, hemoderivados o emulsiones lipídicas (las combinadas con aminoácidos y glucosa según una mezcla de 3:1 o con infusión separada) a las 24 horas del inicio de la infusión (182-185). **Categoría IB.**
5. Cambiar los sistemas utilizados para administrar infusiones de propofol cada 6 o 12 horas, al cambiar el vial, según las recomendaciones del fabricante (186). **Categoría IA.**
6. No puede hacerse ninguna recomendación sobre cuánto tiempo puede permanecer en el sitio una aguja usada para acceso a puertos subcutáneos. **Punto no resuelto.**

Sistemas de catéter intravascular sin aguja

1. Cambiar los componentes sin aguja al menos con la misma frecuencia que los sistemas de administración. No se obtienen beneficios por cambiar éstos con una frecuencia superior a cada 72 horas (39, 187-193). **Categoría II.**
2. Cambiar los conectores de las agujas con una frecuencia superior a cada 72 horas o de acuerdo con las instrucciones del fabricante, con el propósito de reducir las tasas de infección (187, 189, 192, 193). **Categoría II.**
3. Asegurarse de que todos los componentes del sistema sean compatibles para minimizar fugas y roturas mínimas en el sistema (194). **Categoría II.**

4. Minimizar los riesgos de contaminación limpiando el puerto de acceso con un antiséptico apropiado (clorhexidina, povidona yodada, un yodóforo o alcohol al 70%) y accediendo al puerto sólo con dispositivos estériles (189, 192, 194-196). **Categoría IA.**
5. Usar un sistema sin agujas para acceder a la tubería intravenosa. **Categoría IC.**
6. Cuando se usan sistemas sin agujas, es preferible una válvula con tabique divisorio a otras válvulas mecánicas, debido al mayor riesgo de infección con las mecánicas (197-200). **Categoría II.**

Mejora de la actuación

Usar iniciativas de mejora específica del hospital o basada en la colaboración, en las que estrategias multifacéticas se integran para cumplir mejor con las prácticas de las recomendaciones basadas en evidencias (15, 69, 70, 201-205). **Categoría IB.**

Antecedentes

Terminología y estimación de riesgo

La terminología usada para identificar los diferentes tipos de catéteres es confusa, porque muchos investigadores y médicos usan diferentes aspectos del catéter como referencia informal. Un catéter puede ser diseñado para el tipo de vaso sanguíneo que ocupa (p. ej., venoso periférico, o arterial); su amplitud de vida útil (p. ej., temporal o de corta duración frente a permanente o de larga duración); su lugar de inserción (p. ej., catéter central insertado periféricamente (PICC), periférico, y periférico subclavio, femoral, yugular interno); su recorrido desde la piel hasta el vaso sanguíneo (p. ej., con apertura de un túnel o sin apertura de túnel); su longitud física (p. ej., largo o corto); alguna característica especial del catéter (p. ej., la presencia o ausencia de un manguito, la impregnación con heparina, antibióticos o antisépticos, y el número de aberturas/luces). Para definir con precisión el tipo específico de catéter, deben describirse todos estos aspectos (Tabla 1).

De igual modo, los términos usados para describir las infecciones relacionadas con catéteres intravasculares también pueden resultar confusos, porque las infecciones del torrente sanguíneo relacionadas con el catéter (CRBSI) y las infecciones del torrente sanguíneo relacionadas con la vía central a menudo se intercambian, aunque el significado es distinto.

CRBSI es una definición clínica, usada cuando se diagnostica y se trata a los pacientes, que requiere pruebas analíticas específicas que identifican rigurosamente el catéter como fuente de la BSI. Normalmente, no se usa con objetivos de vigilancia. A menudo es problemático establecer con precisión si una BSI es una CRBSI debido a

Tabla 1. Catéteres utilizados para acceso venoso y arterial

Tipo de cateter	Sitio de entrada	Longitud	Comentarios
Catéter venoso periférico	Normalmente se inserta en manos y antebrazos	< 7,6 cm	Flebitis por uso prolongado; raras veces asociado a infección sanguínea
Catéter arterial periférico	Normalmente se inserta en la arteria radial; puede colocarse en la arteria femoral, axilar, braquial o tibial posterior	< 7,6 cm	Bajo riesgo de infección; raras veces asociado a infección sanguínea
Catéter de vía media	Insertado vía fosa antecubital, en la arteria basílica proximal o vena cefálica; no entra en venas centrales, catéteres periféricos	7,6 a 20 cm	Se han documentado reacciones anafilácticas con catéteres fabricados con hidrogel elastómero; menor tasa de flebitis que los catéteres periféricos cortos
Catéter venoso central no tunelizado	Inserción percutánea en venas centrales (subclavia, yugular interna o femoral)	≥ 8 cm dependiendo del tamaño del paciente	Cuenta para la mayoría de las BRC
Catéter de arteria pulmonar	Insertadas a través de un introductor de teflón introducido en una vena central (subclavia, yugular o femoral)	≥ 30 cm dependiendo del tamaño del paciente	Normalmente con heparina, tasas de BRC similares a las del CVC; se prefiere el sitio de la subclavia para reducir el riesgo de infección
Catéter venoso central insertado periféricamente (PICC)	Insertado en venas basílica, cefálica o braquial; entra en la vena cava	≥ 20 cm dependiendo del tamaño del paciente	Bajas tasas de infección que los CVC no tunelizados
Catéter venoso central tunelizado	Implantado en las venas subclavia, yugular interna o femoral	≥ 8 cm dependiendo del tamaño del paciente	El manguito inhibe la migración de microorganismos; menores tasa de infección que los CVC no tunelizados
Catéter totalmente implantable	Tunelizado bajo la piel con un puerto subcutáneo al que se accede con agujas; implantado en la vena subclavia o en la yugular interna	≥ 8 cm dependiendo del tamaño del paciente	Bajo riesgo de BRC; mejora la imagen del paciente de sí mismo. No es necesario cuidado local del catéter; se requiere cirugía para su retirada
Catéter umbilical	Insertado en la arteria o la vena umbilicales	≤ 6 cm dependiendo del tamaño del paciente	Riesgo de BRC similar con catéteres colocados en la vena o la arteria umbilicales

las necesidades clínicas del paciente (el catéter no siempre se retira), la disponibilidad limitada de métodos microbiológicos (muchos laboratorios usan cultivos cualitativos o tiempo diferencial de positivo) y al cumplimiento de los procedimientos por el personal de cuidados directos (el etiquetado debe ser preciso). Se usan a menudo definiciones más simples con propósitos de vigilancia. Por ejemplo, CLABSI es un término usado por la red de Seguridad Sanitaria Nacional (NHSN) del CDC (información NHSN CLABSI: *https://www.cdc.gov/nhsn/psc_da.html*). Una CLABSI es una BSI primaria en un paciente que tuvo colocada una vía central en las 48 horas anteriores al desarrollo de la BSI, y no se trata de torrente sanguíneo relacionado con una infección en otro sitio. Sin embargo, puesto que algunas BSI son secundarias con respecto a otras fuentes distintas a la vía central (p. ej., pancreatitis, mucositis) que pueden no ser fácilmente reconocibles, la definición de vigilancia de la CLABSI puede sobrevalorar la verdadera incidencia de la CRBSI.

Epidemiología y microbiología en pacientes adultos y niños

Los índices nacionales estimados de CLABSI están disponibles a través de la NHSN del CDC, un sistema de vigilancia para las infecciones asociadas a los cuidados sanitarios, y se encuentran disponibles en la web: *http://www.cdc.gov/nhsn/dataStat.html*. Un artículo reciente destaca los datos de 1.545 hospitales en 48 estados y el distrito de Columbia, que monitorizan las infecciones en una o más UCI y no UCI (p. ej., áreas de cuidados de pacientes, salas) (207). Dado que los índices de BSI están influidos por factores relacionados con el paciente, como la gravedad del tipo de enfermedad (p. ej., quemaduras de tercer grado o tras cirugía cardíaca), por factores relacionados con el catéter (como la situación bajo la que el catéter fue colocado y el tipo de catéter) y por factores institucionales (p. ej., el tamaño de la cama, la filiación académica), los índices ajustados por riesgo pueden utilizarse como referentes con los que los hospitales pueden hacer comparaciones entre instalaciones y también en el propio centro.

Los patógenos causantes más frecuentes siguen siendo los estafilocos coagulasa negativos, *Staphylococcus aureus*, enterococos y especies de *Candida* (208). Los bacilos gramnegativos presentes al 19% y CLABSI al 21% informados al CDC (209) y la base de datos de Vigilancia y Control de Patógenos de importancia epidemiológica (SCOPE), respectivamente (208).

Para todos los patógenos habituales causantes de CLABSI, la resistencia antimicrobiana es un problema, particularmente en las UCI. Aunque *Staphylococcus aureus* resistente a la meticilina (MRSA) supone actualmente más del 50% de todos aislados

de *Staphylococcus aureus* obtenidos en las UCI, la incidencia de CLABSI causadas por MRSA ha disminuido en los últimos años, quizá como resultado de los esfuerzos preventivos (210). En los bacilos gramnegativos, la resistencia antimicrobiana a las cefalosporinas de tercera generación en *Klebsiella pneumoniae* y *E. coli* ha aumentado significativamente, y *Pseudomonas aeruginosa* presenta resistencia a imipenem y ceftazidima (209). *Candida spp* es cada vez más resistente a fluconazol.

Patogenia

Hay cuatro rutas reconocidas para la contaminación de los catéteres: 1) migración de los microorganismos de la piel desde el lugar de la inserción a la marca cutánea del catéter y a lo largo de la superficie de éste con la colonización de la punta del catéter; ésta es la ruta más común de infección en los catéteres de corta duración (37, 211, 212); 2) contaminación directa del catéter o del cono de éste por contacto con manos, líquidos o dispositivos contaminados (213, 214); 3) menos frecuentemente, los catéteres pueden resultar colonizados por siembra hematógena desde otro foco de infección (215); y 4) raramente la contaminación del infundido podría causar una CRBSI (216).

Son determinantes patógenos importantes de la CRBSI: 1) el material del que está fabricado el dispositivo; 2) factores del huésped, consistentes en la unión de proteínas, como la fibrina y la fibronectina, que forman una cubierta alrededor del catéter (217); y 3) factores de virulencia intrínseca del microorganismo infectante, incluyendo el polímero extracelular (EPS) producido por los microorganismos adherentes (218). Algunos materiales del catéter también tienen irregularidades en su superficie que favorecen la adherencia microbiana de ciertas especies (p. ej., *S. epidermidis* y *C. albicans*) (219, 220). Los catéteres fabricados de estos materiales son especialmente vulnerables a la colonización microbiana y la posterior infección. Debido a la formación de la cubierta de fibrina, los catéteres de elastómero se asocian a un mayor riesgo de infecciones del catéter que los de poliuretano (217). Por otro lado, la formación de una biopelícula por *C. albicans* ocurre más fácilmente en catéteres con superficies de elastómero de silicona y en los de poliuretano (219). La modificación de las propiedades de la superficie de material biológico se ha demostrado que influye en la capacidad de *C. albicans* para formar una biopelícula (220). Además, ciertos materiales del catéter son más trombogénicos que otros, una característica que también podría predisponer a la colonización e infección del mismo (221, 222). Esta asociación lleva a insistir en la prevención de los trombos relacionados con catéter como un mecanismo adicional para reducir la CRBSI (223, 224).

Las propiedades de adherencia de un microorganismo concreto, en relación con los factores del hospedador, también son importantes en la patogenia de las CRBSI. Por ejemplo, *S. aureus* puede adherirse a las proteínas del hospedador (p. ej., fibrinógeno, fibronectina) comúnmente presentes en los catéteres a través de factores aglutinantes (ClfA y ClfB) que se unen a las proteínas adhesinas (217, 222, 225, 226). Además, la adherencia aumenta por la producción, por parte de ciertos microorganismos como estafilococos coagulasa negativos (227, 228) especies *S. aureus* (229), *Pseudomonas aeruginosa* (230) y *Candida* (231), de una sustancia polimérica extracelular (EPS) consistente sobre todo en un exopolisacárido que forma un estrato de biopelícula microbiana (218, 232). Esta matriz de biopelícula está enriquecida por cationes metálicos divalentes, como calcio, magnesio o hierro, que la convierten en un sólido enclave en la que los microorganismos pueden autoembeberse (233-235). Esta biopelícula potencia la patogenicidad de varios microorganismos, permitiéndoles resistir a los mecanismos de defensa del hospedador (p. ej., actuando como una barrera para evitar captación y muerte por leucocitos polimorfonucleares) o volviéndolos menos susceptibles a los agentes antimicrobianos (p. ej., formando una matriz que sujeta los agentes antimicrobianos antes de su contacto con la pared celular del microorganismo) o facilitando una población de células persistentes tolerantes antimicrobianas metabólicamente inactivas (228, 236, 237). Algunas especies de *Candida*, en presencia de líquidos que contienen glucosa, producen una capa similar a la de sus homólogas bacterianas, lo que explica posiblemente el aumento de BSI causadas por patógenos micóticos entre los pacientes receptores de líquidos de nutrición parenteral (238).

Estrategias para la prevención de infecciones relacionadas con el catéter en pacientes adultos y niños

Educación, formación y dotación del personal

Recomendaciones

1. Educar al personal sanitario en lo relacionado con las indicaciones para el uso de catéteres intravasculares, procedimientos adecuados para su inserción y mantenimiento y adecuadas medidas de control de infección para prevenir las infecciones relacionadas con catéteres intravasculares (7-15). **Categoría IA.**
2. Evaluar el conocimiento y el cumplimiento de las instrucciones periódicamente en todas aquellas personas que insertan y manejan catéteres intravasculares (7-15). **Categoría IA.**

3. Designar sólo personal formado, que demuestre competencia en la inserción y mantenimiento de catéteres intravasculares periféricos y centrales (14-28). **Categoría IA.**
4. Garantizar unos niveles adecuados para el personal de enfermería adscrito a las UCI. Estudios de observación sugieren que muchas enfermeras no especializadas o una proporción elevada de pacientes por enfermera se asocian a CRBSI en las UCI donde las enfermeras tratan pacientes con CVC (29-31). **Categoría IB.**

Revisión de la bibliografía

Los programas bien organizados que permiten a los proveedores de servicios sanitarios llegar a tener una adecuada formación, y proporcionar, monitorizar y evaluar cuidados son críticos para el éxito de este esfuerzo. Informes que abarcan las cuatro décadas anteriores han demostrado con consistencia que el riesgo de infección se reduce siguiendo la normalización de cuidados asépticos (7, 12, 14, 15, 239-241), y que la inserción y el mantenimiento de catéteres intravasculares por personal inexperto podría incrementar el riesgo de colonización del catéter y CRBSI (15, 242). Los "equipos intravenosos" han demostrado efectividad inequívoca en la reducción de la incidencia de CRBSI, complicaciones asociadas y costes (16-26). Adicionalmente, el riesgo de infección aumenta cuando el personal de enfermería se reduce por debajo del nivel crítico (30).

Selección de catéteres y lugares de inserción

Catéteres periféricos y de vía media

Recomendaciones

1. En los adultos, usar un sitio en una extremidad superior para la inserción del catéter. Reubicar cualquier catéter insertado en una extremidad inferior en una extremidad superior lo antes posible. **Categoría II.**
2. En los pacientes pediátricos, se pueden usar las extremidades superiores o inferiores, o el cuero cabelludo (neonatos o lactantes) como sitios de inserción de un catéter (32-33). **Categoría II.**
3. Seleccionar los catéteres en función del objetivo buscado y de la duración de uso prevista, de las complicaciones infecciosas o no infecciosas conocidas (p. ej., flebitis e infiltración), y de la experiencia de los profesionales que implanta los catéteres (33-35). **Categoría IB.**

4. Evitar el uso de agujas de acero para la administración de líquidos y medicaciones que pudieran causar necrosis de los tejidos en caso de extravasación (67,68). **Categoría IA.**
5. Utilizar un catéter de vía media o PICC en lugar de uno corto periférico cuando se prevé que la duración del tratamiento intravenoso supere los 6 días. **Categoría II.**
6. Evaluar el sitio de inserción del catéter diariamente, mediante palpación a través del apósito con el fin de averiguar la sensibilidad, o mediante inspección, si se utiliza un apósito transparente. Los apósitos de gasa y opacos no se deben quitar si el paciente no presenta signos clínicos de infección. Si el paciente presenta sensibilidad local u otros signos de posible CRBSI, se deberá quitar el apósito opaco para efectuar una inspección visual de la zona. **Categoría II.**
7. Quitar el catéter venoso periférico si el paciente presenta signos de flebitis (calor, sensibilidad, eritema y cordón venoso palpable), infección o mal funcionamiento del catéter (36). **Categoría IB.**

Catéteres venosos centrales

Recomendaciones

1. Sopesar los riesgos y las ventajas de colocar un dispositivo venoso central en un sitio recomendado para reducir las complicaciones infecciosas contra los riesgos de complicaciones mecánicas (p. ej., neumotórax, punción arterial subclavia, laceración de la vena subclavia, estenosis de la vena subclavia, hemotórax, trombosis, embolia gaseosa y mala colocación del catéter) (37-53). **Categoría IA.**
2. Evitar usar la vena femoral para el acceso venoso central en pacientes adultos (38, 50, 51, 54). **Categoría IA.**
3. Usar un punto subclavio, en lugar de un sitio yugular o femoral, en los pacientes adultos para minimizar el riesgo de infección al colocar un CVC no tunelizado (50-52). **Categoría IB.**
4. No se puede hacer ninguna recomendación en cuanto al sitio preferible de inserción para minimizar el riesgo de infección de un CVC tunelizado (61-63). **Punto no resuelto.**
5. Evitar la región subclavia en pacientes de hemodiálisis y pacientes con enfermedad renal avanzada, para evitar la estenosis de la vena subclavia (53, 55-58). **Categoría IA.**

6. Usar una fístula o un injerto en pacientes con insuficiencia renal crónica en lugar de un CVC para un acceso permanente para diálisis (59). **Categoría IA.**
7. Usar guía ecográfica para colocar catéteres venosos centrales (si esta tecnología está disponible) para reducir el número de intentos de *canulación* y complicaciones mecánicas. La guía ecográfica debe ser utilizada sólo por personal totalmente formado en esa técnica (60-64). **Categoría IB.**
8. Utilizar un CVC con el número mínimo de puertos o luces/aberturas esenciales para el tratamiento del paciente (251-254). **Categoría IB.**
9. No puede hacerse ninguna recomendación sobre el uso de una luz/abertura designada para la nutrición parenteral. **Punto no resuelto.**
10. Quitar rápidamente cualquier catéter intravascular que ya no sea imprescindible (69-72). **Categoría IA.**
11. Cuando no pueda asegurarse el cumplimiento de la técnica aséptica (p. ej., catéteres insertados durante una urgencia médica), reemplazarlo tan pronto como sea posible, por ejemplo, en 48 horas (37, 73-76). **Categoría IB.**

Revisión de la bibliografía

El sitio en que se coloca un catéter influye en el posterior riesgo de infección relacionada con el catéter y flebitis. La influencia del lugar en el riesgo de infecciones por catéter está relacionada en parte con el riesgo de tromboflebitis y la densidad de microflora local de la piel.

Como en los adultos, el uso de catéteres venosos periféricos en pacientes pediátricos puede complicarse con flebitis, extravasación de la infusión/dosis e infección del catéter (243). La localización del catéter, la infusión intravenosa continua de líquidos de nutrición parenteral con emulsiones lipídicas y la duración de la estancia en la UCI antes de la inserción del catéter han aumentado los riesgos de flebitis en el paciente pediátrico. Sin embargo, al contrario que en los adultos, el riesgo de flebitis en los niños no ha crecido con la duración del cateterismo (243, 244).

La densidad de la microflora de la piel del sitio de inserción del catéter es un factor de riesgo importante para CRBSI. Ni un solo estudio clínico ha comparado satisfactoriamente las tasas de infección por catéteres implantados en las venas yugular, subclavia y femoral. En estudios retrospectivos de observación, los catéteres insertados en la vena yugular interna normalmente se han asociado a mayores riesgos de colonización y CRBSI que los insertados en una subclavia (37-47). Hallazgos similares se lograron en neonatos en un único estudio retrospectivo (245).

Se ha demostrado que los catéteres femorales tienen más colonizaciones que los colocados en subclavias y yugulares internas en los adultos, y en algunos estudios, mayores índices de CLABSI (40, 45-47, 50, 51, 246). Los catéteres femorales deben evitarse también, si es posible, pues están asociados a un mayor riesgo de trombosis venosa profunda que los catéteres en la yugular interna o en la subclavia (48-50, 53, 247). Un estudio (38) encontró que el riesgo de infección asociada a los catéteres ubicados en la femoral se acentúa en el paciente obeso. En contraste con los adultos, los estudios con pacientes pediátricos han demostrado que los catéteres en la femoral tienen una escasa incidencia de complicaciones mecánicas y podrían tener un índice de infección equivalente al de los catéteres no femorales (248-251). Así, en los pacientes adultos, se prefiere un sitio subclavio con objeto de controlar la infección, aunque otros factores (p. ej., la posibilidad de complicaciones mecánicas, el riesgo de estenosis de la vena subclavia, la habilidad de quien manipule el catéter) deben considerarse cuando se decida dónde colocar el catéter.

En dos metaanálisis, el uso de ecografía/ecografía bidimensional en tiempo real para la colocación de CVC reduce sustancialmente las complicaciones mecánicas, y el número de intentos de canulación necesaria y de intentos fallidos, comparado con la ubicación referencia de la norma (60, 61).

La evidencia favorece el uso de la guía ecográfica bidimensional sobre la guía con ecografía Doppler (60). La selección del sitio debe guiarse también por la comodidad del paciente, la habilidad para asegurarlo y el mantenimiento de asepsia, así como por factores específicos del paciente (p. ej., catéteres ya existentes, deformidades anatómicas, diátesis hemorrágica), riesgo relativo de complicaciones mecánicas (p. ej., sangrado y neumotórax), la disponibilidad de ecógrafo junto a la cama, la experiencia de la persona que inserta el catéter y el riesgo de infección.

Los catéteres deben insertarse lo más lejos posible de las heridas abiertas. En un estudio, los insertados cerca de quemaduras abiertas (p. ej., 25 cm^2 superpuesto sobre una herida) estuvieron 1,79 veces más expuestos a ser colonizados, y 5,12 a asociarse a una bacteriemia, que los catéteres insertados más lejos de las heridas (252).

Tipo de material del catéter. Los catéteres de politetrafluoroetileno (teflón) o poliuretano se han asociado a menos complicaciones por infección que los fabricados de cloruro de polivinilo o polietileno (36, 253, 254). Las agujas de acero usadas como alternativa a los catéteres para el acceso venoso periférico tienen la misma tasa de complicaciones que las de los catéteres de teflón (33, 34). Sin embargo, el uso de agujas de acero se complica frecuentemente con la infiltración de líquidos intravenosos

en los tejidos subcutáneos, una posible complicación grave si el líquido infundido es vesicante (34).

Higiene de las manos y técnica aséptica

Recomendaciones

1. Seguir procedimientos de higiene de las manos lavando éstas con jabón convencional con antiséptico y agua, o bien con masajes de manos a base de alcohol (ABHR). Efectuar la higiene de manos antes y después de manipular sitios de inserción de catéteres, y también antes y después de insertar, reemplazar, acceder, reparar o colocar un apósito en un catéter intravascular. La palpación del sitio de inserción no debe hacerse después de la aplicación de antiséptico, salvo que se mantenga la técnica aséptica (12, 77-79). **Categoría IB.**
2. Mantener la técnica aséptica para la inserción y el cuidado de catéteres intravasculares (37, 73, 74, 76). **Categoría IB.**
3. Utilizar guantes limpios en lugar de guantes estériles en el caso de la inserción de catéteres intravasculares periféricos, si no se toca el sitio de acceso después de la aplicación de antisépticos cutáneos. **Categoría IC.**
4. Utilizar guantes estériles para la inserción de catéteres arteriales, centrales y de vía media (37,73, 74, 76). **Categoría IA.**
5. Utilizar guantes estériles nuevos antes de manipular un catéter nuevo cuando se trabaje con guía. **Categoría II.**
6. Llevar guantes limpios o estériles cuando se cambie el apósito de catéteres intravasculares. **Categoría IC.**

Revisión de la bibliografía

La higiene de las manos antes de la inserción o el mantenimiento de un catéter, combinada con una técnica aséptica adecuada durante la manipulación del mismo ofrecen protección contra la infección (12). La apropiada higiene de manos puede lograrse con el uso de productos a base de alcohol (255), o bien con agua, jabón y aclarado adecuado (77). La técnica aséptica adecuada no requiere necesariamente guantes estériles para la inserción de catéteres periféricos; puede usarse un par de guantes nuevos desechables no estériles junto con la técnica de "no tocar"/sin contacto para la inserción de catéteres venosos periféricos. Se deben llevar guantes estériles para colocar catéteres centrales, ya que es inviable la técnica de "no tocar".

Precauciones de máxima barrera estéril

Recomendaciones

1. Utilizar las máximas precauciones de barrera estéril, incluyendo el uso de gorro, mascarilla, bata estéril, guantes estériles y un paño quirúrgico de cuerpo entero estéril para la inserción de CVC, PICC o para el cambio de cable guía (14, 75, 76). **Categoría IB.**
2. Usar una funda estéril para proteger los catéteres arteriales pulmonares durante la inserción (81). **Categoría IB.**

Revisión de la bibliografía

Las precauciones de máxima barrera estéril (MSB) consisten en llevar bata estéril, guantes estériles y gorro, y usar un paño quirúrgico de cuerpo entero (similar al usado en el quirófano) durante la colocación de CVC. Las precauciones de máxima barrera estéril durante la inserción de CVC se compararon con el uso de guantes estériles y un pequeño paño en un estudio controlado y aleatorizado. El grupo MSB tuvo menos episodios de colonización de ambos tipos (RR = 0,32, IC 95%, 0,10-0,96, p = 0,04) y (RR = 0,16, IC 95% 0,02-1,30, p = 0,06). Además, en el grupo que usaba precauciones MSB las infecciones ocurrieron mucho más tarde y fueron por microorganismos gramnegativos, más que por grampositivos (76). Un estudio de catéteres en la arteria pulmonar también demostró que el uso de las precauciones MSB disminuyó el riesgo de infección (37). Otro estudio evaluó un programa de formación dirigido a prácticas de mejora del control de la infección, especialmente las precauciones MSB. En este estudio, aumentó el uso de las precauciones MSB y disminuyeron las CRBSI (14). En un breve estudio se demostró la reducción de colonización cutánea en el sitio de inserción cuando se usan MSB precauciones (OR = 3,40, IC 95% 1,32-3,67) (80).

Preparación de la piel

Recomendaciones

1. Preparar la piel limpia con un antiséptico (alcohol al 70%, tintura de yodo, un yodóforo o clorhexidina) antes de la inserción de un catéter venoso periférico (82). **Categoría IB.**
2. Preparar la piel limpia con una preparación de clorhexidina con alcohol a >0,5% antes de la inserción de un catéter venoso central y de un catéter arterial periférico, y durante los cambios de apósito. Si existe alguna contraindicación para

la clorhexidina, pueden usarse como alternativas: tintura de yodo, yodóforo o alcohol al 70% (82, 83). **Categoría IA.**

3. No se han realizado comparaciones entre el uso de preparados de clorhexidina con alcohol y povidona yodada en alcohol para preparar la piel limpia. **Punto no resuelto.**
4. No se puede hacer ninguna recomendación sobre la seguridad o eficacia de la clorhexidina en lactantes menores de 2 meses. **Punto no resuelto.**
5. Antes de ubicar el catéter, deben autorizarse antisépticos para secar de acuerdo con la recomendación del fabricante (82-83). **Categoría IB.**

Revisión de la bibliografía

En dos estudios bien diseñados que evaluaron el régimen de antisépticos cutáneos con clorhexidina en comparación con otro de povidona yodada o alcohol, para el cuidado del sitio de inserción de un catéter intravascular, se han demostrado tasas más bajas de colonización del catéter o de CRBSI asociadas al preparado de clorhexidina (82, 83). La comparación entre alcohol-gluconato de clorhexidina y alcohol-povidona yodada no se ha realizado. Cuando se comparó la tintura de clorhexidina al 0,5% con povidona yodada al 10%, no se observaron diferencias en cuanto a colonización del catéter venoso central (CVC) ni en cuanto a CRBSI (256). En un estudio de tres partes (gluconato de clorhexidina acuoso al 2% frente a povidona yodada al 10% frente a alcohol al 70%), el gluconato de clorhexidina acuoso al 2% tendía a disminuir las CRBSI comparado con la povidona yodada al 10% y el alcohol al 70% (82). Un metaanálisis de 4.143 catéteres indicó que la preparación de clorhexidina reducía el riesgo de infección debida al catéter en un 49% (IC 95% 0,28-0,88) en relación con la povidona yodada (257). Se dispone de un análisis de decisión económica basado en la evidencia el cual indicó que el uso de clorhexidina, más que el de povidona yodada, para los cuidados de los CVC haría decrecer en un 1,6% la incidencia de CRBSI y en un 0,23% la incidencia de muertes, y que supondría un ahorro de 113$ por catéter usado (258). Mientras que la clorhexidina se ha convertido en el antiséptico estándar para la preparación cutánea previa a la inserción de ambos catéteres, central y venoso periférico, la solución de povidona yodada al 5% en alcohol al 70% se asoció a una reducción de la colonización y de la infección relacionada con CVC, en comparación con la povidona yodada acuosa al 10% (259).

Regímenes de apósitos en el sitio de inserción del catéter

Recomendaciones

1. Utilizar una gasa estéril o un apósito estéril, transparente y semipermeable, para cubrir el sitio del catéter (84-87). **Categoría IA.**

2. Si el paciente suda o si el sitio presenta hemorragia o rezuma, usar un apósito de gasa hasta que se resuelva (84-85). **Categoría II.**
3. Sustituir el apósito del sitio de inserción del catéter si se humedece, se afloja o está visiblemente sucio (88, 89). **Categoría IB.**
4. No usar ungüentos o cremas antibióticas tópicas en los sitios de inserción, salvo para catéteres de diálisis, por su posibilidad de promover infecciones fúngicas y resistencia antimicrobiana (88, 89). **Categoría IB.**
5. No sumergir el catéter ni la zona del catéter en agua. Se permitirá una ducha si se pueden tomar precauciones para reducir la probabilidad de introducir microorganismos en el catéter (p. ej., si el catéter y el dispositivo de conexión están protegidos con un recubrimiento impermeable durante la ducha) (90-102). **Categoría IB.**
6. Cambiar los apósitos utilizados en los sitios de inserción de CVC de corta duración cada 2 días si son apósitos de gasa. **Categoría II.**
7. Cambiar los apósitos transparentes utilizados en los sitios de inserción de CVC de corta duración al menos cada 7 días, excepto en aquellos pacientes pediátricos en los que el riesgo de mover el catéter sea mayor que las ventajas derivadas del cambio de apósito (87, 93). **Categoría IB.**
8. No cambiar los apósitos transparentes utilizados en los sitios de inserción de CVC tunelizados o implantados más de una vez a la semana (salvo que esté sucio o flojo), hasta que el sitio de inserción haya cicatrizado. **Categoría II.**
9. No se puede hacer ninguna recomendación en cuanto a la necesidad de un apósito en sitios de salida bien cicatrizados en los CVC de larga duración con manguito y tunelizados. **Punto no resuelto.**
10. Asegurar que el material del catéter es compatible con el lugar de salida subcutánea en el paciente (94, 95). **Categoría IB.**
11. Usar una funda estéril para todos los catéteres arteriales pulmonares. **Categoría IB.**
12. Usar un apósito de esponja de clorhexidina para catéteres temporales de corta duración en pacientes de más de 2 meses de edad si la tasa de CLABSI no decrece a pesar de cumplir con las medidas básicas de prevención, incluyendo la educación y formación, el uso adecuado de clorhexidina para la antisepsia cutánea y MSB (93, 96-98). **Categoría IB.**
13. No se hace recomendación de otros tipos de apósitos con clorhexidina. **Punto no resuelto.**
14. Vigilar visualmente los sitios de inserción de los catéteres cuando se cambie el apósito, o al tacto a través del apósito intacto, de forma periódica, dependien-

do de la situación clínica de cada paciente. Si los pacientes presentan alguna sensibilidad en el sitio de inserción, fiebre sin origen evidente u otras manifestaciones que pudieran sugerir una infección local o una BSI, debe retirarse el apósito para permitir el examen de la zona (99-100). **Categoría IB.**

15. Animar a los pacientes a comunicar al personal sanitario cualquier cambio o molestia percibidos en el sitio de inserción del catéter. **Categoría II.**

Revisión de la bibliografía

Los apósitos de poliuretano semipermeables y transparentes permiten la inspección visual continua del sitio del catéter, y requieren cambios menos frecuentes que la gasa estándar y el esparadrapo. En el mayor estudio clínico controlado sobre regímenes de apósitos de catéteres periféricos, se examinó la morbilidad infecciosa asociada al uso de apósitos transparentes en aproximadamente 2.000 catéteres periféricos (254). Los datos de este estudio indican que la tasa de colonización en los catéteres con apósitos transparentes (5,7%) es comparable a la de los de gasa (4,6%), y que no existen diferencias clínicamente sustanciales en la incidencia de cada uno de los puntos del catéter en cuanto a colonización o flebitis.

Además, estos datos sugieren que los apósitos transparentes pueden permanecer más tiempo sobre los catéteres venosos periféricos, por la duración de la inserción del catéter, sin incrementar el riesgo de tromboflebitis (254).

En un metaanálisis se han valorado estudios que comparaban el riesgo de CRBSI usando apósitos transparentes frente a apósitos con gasa (260). El riesgo de CRBSI no difiere entre los grupos. La elección del apósito puede ser una cuestión de preferencia. Si rezuma sangre en el sitio de inserción del catéter, es preferible un apósito de gasa. En otra revisión sistemática de estudios controlados y aleatorizados comparando los apósitos de gasa y esparadrapo con los transparentes, no se encontraron diferencias significativas entre los tipos de apósito y CRBSI, colonización de la punta del catéter o colonización de la piel (261).

Se han usado apósitos impregnados de clorhexidina para reducir el riesgo de CRBSI. En el mayor estudio clínico publicado hasta la fecha, controlado, aleatorizado y multicéntrico, comparando apósitos con esponjas impregnadas de clorhexidina frente a apósitos normalizados en pacientes de UCI, las tasas de BRSCI se redujeron incluso cuando las tasas de escenario de infección ya eran bajas. En este estudio, se evaluaron 1.636 pacientes (3.778 catéteres, 28.931 días-catéter). Los apósitos de esponja impregnada de clorhexidina disminuyeron las tasas de CRSBI graves (10/1.953 [0,5%], 0,6 por 1.000 días-catéter frente a 19/1.825 [1,1%], 1,4 por 1.000 días-catéter); el cociente de riesgos instantáneos

(HR, *hazard ratio*), 0,39 [intervalo de confianza {IC} del 95%, 0,17-0,93]; p = 0,03) y las CRBSI (6/1.953 catéteres, 0,40 por 1.000 días- catéter frente a 17/1.825 catéteres, 1,3 por 1.000 días-catéter; HR, 0,24 [IC 95%, 0,90-0,65] (93). En un estudio controlado y aleatorizado de apósitos con esponja impregnada en clorhexidina usando poliuretano en 140 niños, no se demostró diferencia estadística alguna en BSI; sin embargo, el grupo de la clorhexidina tuvo menores tasas de colonización de CVC (98). En 601 pacientes oncológicos tratados con quimioterapia, la incidencia de CRBSI se redujo entre los que recibieron los apósitos con esponja impregnada de clorhexidina, en comparación con los de apósitos normalizados (p = 0,016, riesgo relativo 0,54; intervalo de confianza 0,31-0,94) (262).

Un metaanálisis que incluía ocho estudios controlados aleatorizados demostró que los apósitos impregnados de clorhexidina están asociados a una reducción de la colonización del sitio de salida del catéter epidural y del vascular, pero no a una reducción significativa de CRBSI (2,2% frente a 3,8%, OR 0,58, IC 95% 0,29-1,14, p = 0,11) (97).

Aunque los datos relativos al uso de apósitos con esponja impregnada de clorhexidina en niños son limitados, un estudio controlado y aleatorizado en 705 neonatos informó una disminución sustancial de catéteres colonizados en niños con esponja impregnada, comparado con el grupo con los apósitos normalizados (15% frente a 24%; RR 0,6; IC 95% = 0,5-0,9), pero ninguna diferencia en las tasas de CRBSI o BSI sin un origen. Los apósitos con esponja impregnada de clorhexidina se asociaban a dermatitis de contacto localizada en niños de muy bajo peso al nacer. En 98 neonatos con muy poco peso al nacer, 15 (15%) desarrollaron dermatitis de contacto localizada; 4 (1,5%) de 237 neonatos que pesaban >1.000 g desarrollaron esta reacción (p < 0,0001). Los lactantes de edad gestacional <26 semanas y CVC implantados a la edad de < 8 días tenían mayor riesgo de tener dermatitis de contacto localizada, mientras que ningún lactante del grupo de control desarrolló esta reacción local (96).

Higiene del paciente

Recomendación

Usar un lavatorio de clorhexidina al 2% para la limpieza diaria de la piel para reducir las CRBSI (102-104). **Categoría II.**

Revisión de la bibliografía

La higiene diaria de los pacientes de UCI con un paño impregnado en clorhexidina al 2% puede ser una estrategia simple y efectiva para disminuir la tasa de BSI primarias.

En un solo centro de estudio de 836 pacientes de UCI, los pacientes tratados con clorhexidina tuvieron significativamente un menor riesgo de adquirir una BSI primaria (4,1 frente a 10,4 infecciones por 1.000 pacientes-día; diferencia de incidencia, 6,3 [intervalo de confianza 95%, 1,2-11]) que los lavados con agua y jabón (102).

Soportes de seguridad del catéter

Recomendación

Usar un dispositivo de seguridad sin suturas para reducir el riesgo de infección por catéteres intravasculares (105). **Categoría II.**

Revisión de la bibliografía

La estabilización del catéter se reconoce como una intervención para disminuir el riesgo de flebitis, la migración y el desalojo del catéter, y puede ser favorable para la prevención de CRBSI. La patogenia de las CRSBI se debe a la migración de la microflora de la piel por el punto de entrada percutánea. Los dispositivos de aseguramiento sin sutura evitan la alteración alrededor del sitio de entrada del catéter, y pueden disminuir el grado de colonización bacteriana (105). Usar un dispositivo de aseguramiento sin sutura también reduce el riesgo de lesión al profesional sanitario por pinchazo accidental.

Catéteres y manguitos impregnados de antimicrobiano/antiséptico

Recomendación

Usar un CVC impregnado de clorhexidina/sulfadiazina de plata o minociclina/rifampicina en pacientes cuyo catéter permanecerá previsiblemente en su sitio >5 días si, tras implementar correctamente una estrategia global para reducir las tasas de CRBSI, la tasa de CRBSI no disminuye. La estrategia global debe incluir, al menos, los tres componentes siguientes: enseñar a las personas que insertan y mantienen catéteres, usar precauciones estériles máximas y emplear una preparación de clorhexidina con alcohol a >0,5% para la antisepsia cutánea durante la inserción del CVC (106-113). **Categoría IA.**

Revisión de la bibliografía

Determinados catéteres y manguitos que están cubiertos o impregnados de agentes antimicrobianos o antisépticos pueden disminuir el riesgo de CRBSI, y potencialmente

disminuir los costes del hospital asociados al tratamiento de CRBSI, en lugar del coste adicional de adquisición de catéteres impregnados en antimicrobiano/antiséptico (110).

Casi todos los estudios sobre los catéteres impregnados con antimicrobiano/antiséptico conducen al uso de catéteres de tres vías sin manguitos en pacientes adultos con necesidad de catéter durante menos de 30 días. Aunque la mayoría de los estudios se realizaron en adultos, estos catéteres han sido aprobados por la FDA para pacientes con peso inferior a 3 kg. Dos estudios no aleatorizados (112, 113) en pacientes de UCI pediátricas indican que estos catéteres podrían reducir el riesgo de infección asociada al catéter. En la actualidad no existen catéteres impregnados en antimicrobiano o antiséptico para el uso en lactantes que pesan < 3 kg.

Clorhexidina/sulfadiazina de plata. Los catéteres impregnados con clorhexidina/sulfadiazina de plata sólo en la superficie externa se han estudiado como medio para reducir las CRBSI. Dos metaanálisis de catéteres de primera generación (1, 263) demostraron que estos catéteres reducían el riesgo de CRBSI, comparados con los catéteres impregnados no normalizados. La duración de la permanencia del catéter en un estudio iba de 5,1 a 11,2 días (264). Existe ahora un catéter de segunda generación con clorhexidina impregnando la superficie interna hasta el equipo de extensión y los conos, mientras que la superficie extraluminal está impregnada con clorhexidina/sulfadiazina de plata. La superficie externa tiene tres veces la cantidad de clorhexidina que la de los catéteres de primera generación y, además, la liberación prolongada de antisépticos es también tres veces mayor que en éstos. Estas tres perspectivas, en estudios aleatorizados de catéteres de segunda generación, demostraron una reducción significativa de la incidencia de colonización del catéter, pero no pudieron demostrar una diferencia en cuanto a las CRBSI (106-108). La actividad antiinfecciosa prolongada mejoró la eficacia de la prevención de infecciones (265). Aunque infrecuente, se ha observado anafilaxia con el uso de estos catéteres con clorhexidina/sulfadiazina de plata.

Los catéteres con clorhexidina/sulfadiazina de plata son más caros que los habituales. Sin embargo, un análisis indica que el uso de los de clorhexidina/sulfadiazina de plata debería ahorrar entre 68$ y 391$ por catéter (271) en los casos en los que el riesgo de CRBSI es alto, a pesar de que se cumplan otras estrategias preventivas (p. ej., las precauciones de máxima barrera y técnicas asépticas). Usar estos catéteres podría ser efectivo en cuanto a costes en los pacientes de la UCI, quemados, neutropénicos y otras poblaciones de pacientes en los que la tasa de infección excede el 3,3 por 1.000 días-catéter (264).

Minociclina/rifampicina. En un estudio clínico multicéntrico y aleatorizado, los CVC impregnados en ambas superficies, interna y externa, con minociclina/rifampicina se asociaron a tasas menores de CRBSI comparados con los catéteres de primera generación, impregnados con clorhexidina/sulfadiazina de plata (109). El efecto beneficioso empezaba a los 6 días de la colocación del catéter. Los CVC de silicona impregnados con minociclina/rifampicina y con una media de permanencia de más de 60 días se revelaron como efectivos en la reducción de CRSBI (111). En estos estudios no apareció ningún microorganismo resistente a la minociclina/rifampicina. Dos estudios demostraron que el uso de estos catéteres reducía significativamente las CRBSI, comparado con los catéteres no impregnados (110, 111). No se han publicado estudios comparativos usando catéteres de segunda generación con clorhexidina/sulfadiazina de plata. Aunque ha habido problemas relativos al potencial de desarrollar resistencia, algunos estudios clínicos prospectivos han demostrado que el riesgo es bajo (272, 273). Además, no se ha documentado ninguna resistencia a la minociclina ni la rifampicina relacionada al uso del catéter. Dos estudios de análisis de decisión revelaron que estos catéteres se asociaban a ahorros de costes superiores, comparados con los catéteres de primera generación con clorhexidina/sulfadiazina de plata (274, 275). Estos análisis necesitan compararse con los catéteres de segunda generación. Sin embargo, cuando las tasas basales de infección disminuyan y el coste del catéter decrezca, la relación entre coste y beneficio probablemente cambiará.

La decisión de usar catéteres impregnados con clorhexidina/sulfadiazina de plata o minociclina/rifampicina debe tomarse en función de la necesidad de aumentar la prevención de CRBSI después de haber implantado procedimientos integrales normalizados (p. ej., educación del personal, uso de las precauciones de máxima barrera estéril y uso de preparación de clorhexidina >0,5% con alcohol para la asepsia cutánea), y con equilibrio en cuanto a la aparición de patógenos resistentes y los costes de implementación de esta estrategia.

Platino/plata. Un catéter impregnado con platino/plata (p. ej., un catéter de plata ionizada) está disponible para su uso en Estados Unidos. Algunos estudios aleatorizados y prospectivos han publicado la comparación de estos catéteres con los no impregnados (276-279). Un estudio demostró la reducción de la densidad de incidencia de la colonización del catéter y CRBSI (278), pero otros estudios encontraron que no hay diferencias en la colonización del catéter o CRBSI entre los catéteres impregnados y los no impregnados (39, 276, 277). Ante estos datos, no puede hacerse una recomendación firme a favor ni en contra del uso de estos catéteres.

Profilaxis antibiótica sistemática

Recomendación

No administrar profilaxis antibiótica sistemática antes de la inserción ni durante el uso de un catéter intravascular para evitar la colonización del catéter o la CRBSI (114). **Categoría IB.**

Revisión de la bibliografía

Varios estudios han examinado el papel de la profilaxis antibiótica sistemática en la prevención de infecciones relacionadas con el catéter. Un metaanálisis reciente revisó estos estudios en pacientes oncológicos (114). Cuatro estudios usaron un glucopéptido como profiláctico antes de la inserción del catéter. Sin embargo, lo heterogéneo de estos estudios impide llegar a una conclusión en cuanto a eficacia.

En un estudio que examinó el efecto de la profilaxis oral mantenida con rifampicina o novobiocina en infecciones relacionadas con el catéter, en pacientes oncológicos tratados con interleucina 2 (280), se observó una reducción de CRBSI, incluso cuando 9 de los 26 pacientes (35%) no continuaron con los antibióticos profilácticos, por los efectos secundarios de toxicidad. En pacientes no oncológicos, no se asoció ningún beneficio a la administración de vancomicina previa a la inserción del catéter en 55 pacientes sometidos a cateterismo para nutrición parenteral (281). Igualmente, suministrar antibióticos profilácticos alrededor de una intervención de cirugía cardiovascular no redujo la colonización del catéter venoso central (282). En un reciente estudio Cochrane sobre los antibióticos profilácticos en neonatos con catéteres venosos umbilicales, se concluyó que no hay datos suficientes de los estudios aleatorizados para apoyar o refutar el uso de antibióticos profilácticos (283).

En los neonatos, la sepsis de comienzo tardío a menudo se debe a estafilococos coagulasa negativos, y se cree que frecuentemente tienen su origen en el catéter venoso central infectado. Cinco estudios clínicos con un total de 371 neonatos compararon el uso de vancomicina por la infusión continua de nutrición parenteral o en dosis intermitentes, y placebo. Los lactantes tratados con vancomicina experimentaron menos sepsis (RR 0,11; IC 95% 0,05-0,24) y menos sepsis debida a los estafilococos coagulasa negativos (RR 0,33; IC 95% 0,19-0,59) (284). Sin embargo, la mortalidad y la estancia no fueron significativamente diferentes entre los dos grupos. Había datos insuficientes para el riesgo de selección de microorganismos resistentes a la vancomicina.

Pomadas antisépticas/antibióticas

Recomendación

Usar pomada antiséptica de povidona yodada o bacitracina/graminicina/polimixina B en el sitio de salida del catéter de hemodiálisis después de la inserción del catéter y al final de cada sesión de diálisis, sólo si esta pomada no interactúa con el material del catéter de hemodiálisis, según las recomendaciones del fabricante (59, 115-119). **Categoría IB.**

Revisión de la bibliografía

Se han utilizado varias pomadas antibióticas o antisépticas en intentos de rebajar la carga antimicrobiana en el sitio de inserción del catéter y así prevenir las infecciones. En estudios anteriores, examinando ante todo los catéteres venosos periféricos, se variaron las conclusiones (82, 285, 286). Además, el uso de pomadas antibióticas que tienen una actividad antimicótica limitada, podía servir para aumentar la colonización o la infección debida a la especie *Candida* (89).

Estudios más recientes han examinado este punto en pacientes de alto riesgo, particularmente en los sometidos a hemodiálisis (116-119). Tres estudios clínicos controlados y aleatorizados han evaluado el uso de povidona yodada al 10% (117-119). Se observó una significativa disminución de colonización, de infección del sitio de salida y de infecciones del torrente sanguíneo. Este efecto beneficioso fue más llamativo en pacientes con colonización nasal por *S. aureus* (117-119).

Los portadores nasales de *S. aureus* pueden experimentar más CRBSI que las personas no colonizadas (287-289). Esto ha instado a los investigadores a evaluar la utilidad de la pomada de mupirocina, un potente fármaco antiestafilocócico. Diversos estudios han demostrado un menor riesgo de CRBSI cuando se aplica la pomada de mupirocina en el sitio de inserción del catéter (117, 290-292). Otros han mostrado beneficios similares cuando la mupirocina se aplica por vía nasal (288, 289, 293). Sin embargo, el entusiasmo con esta medida ha disminuido por la rápida aparición de resistencia a la mupirocina observada en ciertos centros (88, 294, 295), y el posible efecto degradante que la mupirocina tiene sobre los catéteres de poliuretano (94, 95).

En el único estudio que demostró un efecto significativo sobre la mortalidad, la aplicación de la pomada de bacitracina/graminicina/polimixina B en el sitio de inserción del catéter se comparó con placebo en 169 pacientes de hemodiálisis (296). Se observaron más infecciones en el grupo tratado con placebo que en el grupo de bacitracina/grami-

nicina/polimixina B (34% frente a 12%; riesgo relativo, 0,35; IC 95% 0,18-0,68) El número de infecciones por 1.000 días-catéter (4,10 frente a 1,02; $p < 0,0001$) y el número de bacteriemias por 1.000 días-catéter (2,48 frente a 0,63; $p = 0,0004$) también fue mayor en el grupo del placebo. En los 6 meses de plazo del estudio, hubo 13 muertes en el grupo del placebo, en comparación con las 3 que hubo en el grupo de bacitracina/graminicina/polimixina B ($p = 0,004$). Así pues, existen datos de un estudio en pacientes de hemodiálisis en los que la pomada de bacitracina/graminicina/polimixina B puede mejorar el resultado, pero no existen datos similares para el uso en otras poblaciones de pacientes (296). Debe señalarse que la pomada con graminicina no está disponible en la actualidad en Estados Unidos.

Profilaxis mediante sellado antibiótico, enjuague antimicrobiano del catéter y profilaxis por bloqueo del catéter

Recomendación

Usar una solución antimicrobiana de bloqueo en pacientes con catéteres de larga duración que tengan antecedentes de múltiples CRBSI a pesar de observar al máximo la técnica aséptica (120-138). **Categoría II.**

Revisión de la bibliografía

Para prevenir las CRBSI, se ha usado una amplia gama de soluciones antibióticas y antisépticas para enjuagar o bloquear las vías del catéter (120-138). El bloqueo del catéter es una técnica que usa una solución antimicrobiana para llenar una vía del catéter y permanecer ahí el tiempo que éste se encuentre inactivo. Los antibióticos que, en varias concentraciones, se han usado solos (dirigidos a un microorganismo específico) o en combinación (para alcanzar una amplia cobertura empírica) para enjuagar profilácticamente o bloquear los catéteres venosos centrales son: vancomicina, gentamicina, ciprofloxacino, minociclina, amikacina, cefazolina, cefotaxima y ceftazidima. Los antisépticos han incluido alcohol, taurolidina, citrato trisódico. (No están aprobados la taurolidina ni el citrato trisódico para este uso en Estados Unidos). Estos agentes normalmente están combinados con un componente que actúa como anticoagulante, como heparina o EDTA. La mayoría de los estudios se han realizado sobre un número relativamente pequeño de pacientes de alto riesgo, como los de hemodiálisis, neonatos u oncológicos con neutropenia. Aunque la mayoría de los estudios muestran un efecto beneficioso con la instilación antimicrobiana o la solución de bloqueo en cuanto

a prevención de infección por catéter, debe equilibrarse con los posibles efectos secundarios, toxicidad, reacciones alérgicas o resistencia asociada al agente antimicrobiano. La amplia variedad de componentes usados, la heterogeneidad de las poblaciones de pacientes estudiadas, y las limitaciones en el tamaño o diseño incluyen una recomendación general para su uso. Además no se han aprobado fórmulas para comercializar, y la mayoría de las fórmulas han sido preparadas en las farmacias de los hospitales. A continuación, se ofrece un breve resumen de algunos de los estudios:

Al menos 10 estudios sobre la instilación o soluciones de bloqueo se desarrollaron con pacientes de hemodiálisis (128, 129, 131-138). Tres metaanálisis han demostrado que las soluciones de bloqueo del catéter reducen el riesgo de CRSBI en pacientes de hemodiálisis (297-299). En la mayoría de estos estudios, 291 pacientes fueron incluidos en una comparación aleatorizada prospectiva de citrato trisódico al 30% frente a heparina (133). La tasa de CRBSI fue significativamente menor en el grupo cuyos catéteres fueron bloqueados con citrato trisódico (4,1 BSI/1.000 días-CVC frente a 1,1 BSI/1.000 días-CVC, $p < 0,001$), y no se observó diferencia significativa alguna en cuanto a trombosis u oclusión del catéter. Sin embargo, si se infunde rápidamente, el citrato concentrado puede producir una grave hipocalcemia, arritmia cardíaca y muerte. El segundo gran estudio en pacientes de hemodiálisis examinaba el efecto de una solución de bloqueo del catéter que contenía cefazolina, gentamicina y heparina, comparando con pacientes receptores de heparina sólo (135). En 120 pacientes, la tasa de CRBSI fue significativamente menor en quienes recibían la solución antibiótica de bloqueo (0,44 BSI/1.000 días-CVC frente a 3,12 BSI/1.000 días-CVC, $p = 0,03$) (135). Otros estudios con pacientes en hemodiálisis han empleado minociclina, gentamicina, EDTA, heparina, taurolidina, vancomicina y cefotaxima.

Al menos cinco estudios se han realizado en pacientes pediátricos oncológicos (120, 121, 124, 126, 127). En el estudio mayor, 126 pacientes se incluyeron en un estudio doble ciego, aleatorizado y prospectivo, comparando vancomicina/ciprofloxacino/heparina (VCH) con vancomicina/heparina (VH) y con heparina sola (H) (124). El tiempo hasta la infección relacionada con el CVC fue significativamente mayor en los grupos del estudio VCH o VH, comparado con el de heparina, y la tasa de infección fue significativamente menor con las soluciones de antibióticos que con la heparina sola (1,72/1.000 días-CVC [H] frente a 0,55/1.000 días-CVC [VCH] y frente a 0,37/1.000 días-CVC [VH]).

En un metaanálisis de siete estudios controlados, aleatorizados, que examinaron la utilidad de las soluciones de bloqueo o instilación que contenían vancomicina comparadas con heparina sola, la tasa de riesgo para las soluciones de vancomicina/heparina fue de 0,49 (IC 95% 0,26-0,5, $p = 0,03$) (300). El uso de la técnica de bloqueo del catéter

pareció tener más beneficios que usar simplemente instilaciones de vancomicina a través del catéter.

Recientemente, un estudio controlado, aleatorizado, doble ciego y prospectivo comparó la utilidad del bloqueo de etanol al 70% frente a solución salina heparinizada para la prevención de CRBSI primaria en pacientes oncológicos. Los que recibieron tratamiento preventivo de bloqueo con etanol fueron significativamente menos propensos a sufrir una CRBSI primaria (0,60/1.000 días-CVC frente a 3,11/1.000 días-CVC; OR 0,18, IC 95% 0,05-0,65, p = 0,008) (301).

Anticoagulantes

Recomendación

> No usar sistemáticamente tratamiento anticoagulante para reducir el riesgo de infección relacionada con el catéter en poblaciones de pacientes en general (139). **Categoría II.**

Revisión de la bibliografía

Poco después de la inserción, los catéteres intravasculares se cubren de una película de acondicionamiento, consistente en fibrina, proteínas de plasma, y elementos celulares como plaquetas y eritrocitos (213, 302). Los microorganismos interactúan con la película acondicionadora, causando colonización del catéter (303). Hay una gran asociación entre la trombosis de catéteres venosos centrales y la infección (221, 304, 305) Así pues, los anticoagulantes se han usado para prevenir la trombosis por catéter y presumiblemente reducir el riesgo de infección.

En un metaanálisis que evaluó el beneficio de la profilaxis con heparina (3 UI/ml en nutrición parenteral, 5.000 unidades cada 6-12 horas en instilación o 2.500 unidades de heparina de bajo peso molecular por vía subcutánea) en pacientes con CVC de corta duración, el riesgo de trombosis venosa central relacionada con el catéter se redujo con el uso profiláctico de la heparina (139). Sin embargo, no se observó una diferencia sustancial en la tasa de CRBSI. En un estudio más reciente, prospectivo y aleatorizado, 204 pacientes con catéteres no tunelizados fueron asignados para recibir una infusión permanente de heparina (100 UI/kg/día) o solución salina (50 ml) (306). La tasa de CRSBI disminuyó intensamente en el grupo que recibía heparina (2,5 BSI/1.000 días-CVC frente a 6,4 BSI/1.000 días-CVC). Puesto que la mayoría de las soluciones con heparina contienen conservantes con actividad antimicrobiana, no está claro si algún descenso de la tasa de CRBSI se debe a la reducción de formación de trombos, el conservante o ambas cosas.

La mayoría de los catéteres venosos centrales, de la arteria pulmonar y umbilical están disponibles como dispositivos para heparina. La mayoría de los catéteres llevan heparina con benzalconio, que proporciona a los catéteres actividad antimicrobiana (307) y un efecto antitrombótico (308). Sin embargo, algunos catéteres tienen heparina acoplada al catéter directamente sin benzalconio (309). Los estudios han demostrado que la heparina en los catéteres reduce el riesgo de trombosis y el de CRBSI (306, 308-310), pero es menos eficaz reduciendo la colonización que los catéteres impregnados con clorhexidina/sulfadiazina de plata (311). Lamentablemente, la heparina inducida puede ocasionar trombocitopenia y ha hecho que muchos médicos la eviten (312). Se recomienda el citrato trisódico como solución de bloqueo del catéter porque posee ambas propiedades, anticoagulante y antimicrobiana (133). En un estudio doble ciego, aleatorizado y prospectivo en pacientes de hemodiálisis, el uso de heparina interdialítica (5.000 UI/ml) se asoció a una tasa significativamente mayor de CRSBI comparado con el uso de citrato trisódico al 30% (4,1 BSI/1.000 días-CVC frente a 1,1BSI/1.000 días-CVC (313).

La warfarina ha sido evaluada como medio para reducir la formación de trombos en los CVC y, en consecuencia, la infección (314-318). En pacientes con CVC de larga duración, una dosis baja de warfarina (p. ej., 1 mg/día) redujo la incidencia de trombos por catéter (142, 143). Sin embargo, otros estudios no han confirmado la reducción de trombosis e incluso otros han encontrado interacciones adversas en pacientes tratados con 5-FU (319, 320). Los datos son limitados; aunque una dosis baja de warfarina reduce el riesgo de formación de trombos en pacientes con cáncer, no se ha demostrado que reduzca las complicaciones infecciosas. Más del 20% de los pacientes en algunos estudios presentaron tiempos de protrombina prolongados y requirieron ajuste de dosis (321). Otros anticoagulantes, como los inhibidores del factor Xa o inhibidores directos de la trombina, no se han evaluado adecuadamente en cuanto a la reducción del riesgo de infección asociada al catéter.

Sustitución de catéteres periféricos y de vía media

Recomendaciones

1. No hay necesidad de sustituir los catéteres periféricos con una frecuencia superior a cada 72-96 horas para reducir el riesgo de infección y flebitis en adultos (36, 140, 141). **Categoría IB.**
2. No hay recomendación en cuanto a la sustitución de catéteres periféricos en los adultos, sólo cuando está clínicamente indicado (142-144). **Punto no resuelto.**
3. Sustituir los catéteres periféricos en los niños sólo cuando está clínicamente indicado (32,33). **Categoría IB.**

4. Sustituir los catéteres de vía media sólo cuando exista indicación específica. **Categoría II.**

Revisión de la bibliografía

La sustitución programada de catéteres intravasculares ha sido propuesta como un método preventivo de flebitis e infecciones relacionadas con el catéter. Estudios de catéteres venosos periféricos de corta duración indican que la incidencia de tromboflebitis y colonización bacteriana de los catéteres aumenta cuando éstos se dejan en el sitio >72 horas (258). Sin embargo, las tasas de flebitis no son sustancialmente diferentes en los catéteres periféricos que permanecen 72 horas comparados con los que permanecen 96 horas (141).

Debido a que la flebitis y la colonización del catéter se han asociado a un riesgo incrementado de enfermedad relacionada con catéteres, los sitios de catéter periférico corto son reemplazados en intervalos de 72-96 horas, para reducir tanto el riesgo de infección como la incomodidad del paciente asociada a la flebitis.

Algunos estudios indican que el cambio planificado de 72 horas frente al cambio cuando sea necesario obtiene similares tasas de flebitis y fallos del catéter (142-144). Sin embargo, estos estudios no se dirigían a las CRBSI y el riesgo de CRBSI con esta estrategia no está bien estudiado.

Los catéteres de vía media están asociados a menor incidencia de flebitis que los catéteres periféricos cortos y a menores tasas de infección que los CVC (322-324). En un estudio prospectivo de 140 catéteres de vía media, su uso se asoció a un índice de BSI de 0,8 catéteres por 1.000 días-catéter (324). Ningún factor de riesgo específico, incluyendo la duración del cateterismo, se asoció a infección. Los catéteres de vía media se usaban una media de 7 días, aunque había duraciones de hasta 49 días. Aunque los hallazgos de este estudio sugerían que los catéteres de vía media podían cambiarse sólo cuando había una indicación específica, ningún estudio prospectivo, aleatorizado, ha evaluado el beneficio del reemplazo sistemático como estrategia para prevenir CRBSI asociadas a catéteres de vía media.

Sustitución de catéteres venosos centrales, incluidos PICC y catéteres de hemodiálisis

Recomendaciones

1. No sustituir sistemáticamente CVC, PICC, catéteres de hemodiálisis ni catéteres arteriales pulmonares para prevenir las infecciones relacionadas con los catéteres. **Categoría IB.**

2. No retirar un CVC o un PICC sólo por detectar la aparición de fiebre. Usar un diagnóstico clínico para evaluar la pertinencia de quitar el catéter, dependiendo de si la infección se declara en otro sitio o si se sospecha de una fiebre con causa no infecciosa. **Categoría II.**
3. No hacer sistemáticamente cambio sobre guía en los catéteres no tunelizados para prevenir la infección. **Categoría IB.**
4. No hacer sistemáticamente cambio sobre guía para sustituir un catéter no tunelizado sospechoso de infección. **Categoría IB.**
5. Usar cambio sobre guía para reemplazar un catéter no tunelizado que no funciona bien si no hay signos de infección. **Categoría IB.**
6. Usar guantes estériles nuevos antes de manipular un nuevo catéter cuando se realicen cambios de guía. **Categoría II.**

Revisión de la bibliografía

El reemplazo del catéter a intervalos de tiempo programados como método para reducir la CRBSI no tiene índices más bajos. Dos estudios clínicos han evaluado una estrategia de cambio del catéter cada 7 días comparado con la estrategia de cambiarlo cuando sea necesario (165, 325). Uno de estos estudios incluía 112 pacientes de UCI quirúrgica que necesitaban CVC, catéter en la arteria pulmonar o catéteres arteriales periféricos (165), y el otro estudio recogía sólo catéteres de hemodiálisis subclavia (325). En ambos estudios, no hubo diferencias de CRBSI en los pacientes con reemplazo de catéter programado cada 7 días, comparados con pacientes cuyos catéteres se cambiaron cuando lo necesitaban.

El cambio programado sobre guía de CVC es otra estrategia propuesta para prevenir las CRBSI. Los resultados de un metaanálisis de 12 estudios controlados y aleatorizados que evaluaron el control del CVC no demostraron reducción alguna de las tasas de CRBSI a través del reemplazo sistemático de CVC sobre guía, comparado con el reemplazo del catéter según la necesidad (326). Así pues, el reemplazo sistemático del CVC no es necesario en los catéteres que están funcionando sin signos de causar complicaciones locales o sistémicas.

El reemplazo de catéter sobre guía se ha convertido en una técnica aceptada para sustituir un catéter que funciona mal, o para cambiar uno de la arteria pulmonar a CVC cuando ya no se necesita una monitorización invasiva. La inserción de un catéter sobre guía se asocia a menos incomodidad y una tasa significativamente inferior de complicaciones mecánicas que las inserciones percutáneas en un nuevo sitio (327). Además, esta

técnica facilita un medio para preservar el acceso venoso limitado en algunos pacientes. El reemplazo de catéteres temporales sobre guía cuando existe bacteriemia no es una estrategia de sustitución aceptable, porque la fuente de infección es, normalmente, la colonización de la piel del punto de inserción en la vena (37, 327). Sin embargo, en pacientes seleccionados con catéteres tunelizados de hemodiálisis y bacteriemia, el intercambio de catéter sobre una guía en combinación con tratamiento antibiótico es una alternativa como estrategia de recuperación en pacientes con acceso venoso limitado (328-331).

A causa de la mayor dificultad para obtener un acceso vascular en los niños, debe prestarse atención a la frecuencia con que se reemplazan los catéteres en estos pacientes. En un estudio en que se usaron técnicas de análisis de supervivencia para examinar la relación entre la duración del cateterismo venoso central y las complicaciones en pacientes de UCI pediátricas, todos los pacientes (n = 397) permanecieron sin infección durante un promedio de 23,7 días (250). Además, no se encontró relación entre la duración del cateterismo y la probabilidad diaria de infección (r = 0,21; p >0,1), lo que sugiere que el reemplazo sistemático de los CVC parece no reducir la incidencia de la infección relacionada con el catéter (250).

Los puntos de acceso vascular pueden ser incluso más limitados en los neonatos. Cuatro estudios aleatorizados (n = 368) resumidos en un artículo sistemático de la base de datos Cochrane comparaban los efectos de la nutrición parenteral a través de catéteres venosos centrales percutáneos frente a catéteres intravenosos periféricos. Se necesitaban procedimientos menos dolorosos (venopunciones) en los neonatos asignados de forma aleatoria a CVC colocados de forma percutánea, y no se observaron signos de mayor riesgo de BSI (332).

La oclusión del CVC por formación de trombos es una de las razones más comunes para retirar los CVC en los neonatos. Se han usado varios métodos para prevenir la oclusión del catéter. Recientemente, un estudio clínico aleatorizado (n = 201) evaluó si una infusión continua de heparina (0,5 unidades/kg/h) podría efectivamente prolongar la duración del catéter, comparada con una infusión placebo. La tasa de oclusión del catéter que necesita extracción era menor en el grupo de heparina (6% frente a 31%, p = 0,001; NNT = 4). Los índices de CRSBI fueron similares, aunque el estudio no pudo evaluar la proporción de diferencias de CRSBI. La heparina asociada a niveles de anticuerpos no se midió de forma sistemática (333).

Catéteres de hemodiálisis. El uso de catéteres para hemodiálisis es el factor que más contribuye a la bacteriemia en los pacientes de diálisis (334, 335). El riesgo relativo de bacteriemia en los pacientes con catéter de hemodiálisis es siete veces el

riesgo de los pacientes con fístulas arteriovenosas (AV) (336). Se prefieren las fístulas AV y los injertos sobre los catéteres de hemodiálisis en los pacientes con insuficiencia renal crónica, debido al menor riesgo asociado de infección. Si se necesita un acceso temporal para diálisis, es preferible un catéter tunelizado sin manguitos, incluso en la UCI, cuando se supone que el catéter va a permanecer durante más de 3 semanas (59).

Catéteres para arteria pulmonar. Los catéteres para arteria pulmonar se insertan con un introductor de teflón y generalmente permanecen una media de 3 días. La mayoría de los catéteres para arteria pulmonar llevan heparina, que reduce no sólo la trombosis por catéter, sino también las adherencias microbianas a éste (307). Un metaanálisis indica que la tasa de CRSBI asociadas al cateterismo de la arteria pulmonar es de 3,7 por 1.000 días-catéter y algo mayor que la observada para los CVC no medicados y no tunelizados (2,7 por 1.000 días-catéter) (6, 45).

Los datos de estudios prospectivos indican que el riesgo de colonización significativa y de CRSBI aumenta cuanto más permanece el catéter en el sitio. En general, el riesgo de colonización significativa aumenta tras 4 días de permanencia del catéter (75, 337, 338), y el riesgo de CRSBI aumenta más allá de los 5-7 días de ubicación del catéter (75, 84, 166). Se deben hacer esfuerzos para diferenciar entre la infección relacionada con el introductor y la relacionada con el catéter. La colonización significativa del introductor ocurre antes que la del catéter de la arteria pulmonar (337, 339). Sin embargo, ningún estudio indica que el reemplazo del catéter a intervalos de tiempo programados sea un método efectivo para reducir el riesgo de CRBSI (165, 327, 339). En los pacientes que continúan necesitando monitorización hemodinámica, los catéteres de arteria pulmonar no necesitan cambiarse con una frecuencia superior a cada 7 días (339). No puede hacerse ninguna recomendación específica sobre el reemplazo sistemático de los catéteres que necesitan permanecer durante más de 7 días.

Los catéteres de arteria pulmonar van provistos normalmente de una fina funda verde que evita la contaminación por roce cuando se coloca sobre el catéter. En un estudio con 166 catéteres, los pacientes a los que se asignó aleatoriamente catéteres protegidos con esta funda tuvieron un riesgo menor de sufrir CBRSI, comparados con los que recibieron los catéteres de arteria pulmonar sin la funda (p = 0,002) (81).

Catéteres umbilicales

Recomendaciones

1. Quitar y no reponer los catéteres arteriales umbilicales si aparece cualquier signo de CRBSI, insuficiencia vascular en las extremidades inferiores o trombosis (145). **Categoría II.**

2. Quitar y no reemplazar los catéteres venosos umbilicales si aparece cualquier signo de CRBSI o de trombosis (145). **Categoría II.**
3. No se puede hacer ninguna recomendación sobre el intento de rescate de un catéter umbilical administrando antibióticos a través del catéter. **Punto no resuelto.**
4. Limpiar el sitio de la inserción umbilical con un antiséptico antes de la inserción del catéter. Evitar la tintura de yodo, por sus posibles efectos sobre la glándula tiroidea del neonato. Se pueden utilizar otros productos que contienen yodo (p. ej., povidona yodada) (146-150). **Categoría IB.**
5. No usar pomadas ni cremas antibióticas tópicas en los sitios de inserción de los catéteres umbilicales por la posibilidad de promover infecciones fúngicas y resistencia antimicrobiana (88-89). **Categoría IA.**
6. Añadir dosis bajas de heparina (0,25-1 UI/ml) al líquido de infusión a través de los catéteres arteriales umbilicales (151-153). **Categoría IB.**
7. Quitar los catéteres umbilicales lo antes posible cuando ya no se necesiten o cuando se observe algún signo de insuficiencia vascular en las extremidades inferiores. En condiciones óptimas, los catéteres arteriales umbilicales no deben permanecer colocados más de 5 días (145-154). **Categoría II.**
8. Los catéteres venosos umbilicales se tienen que retirar lo antes posible cuando ya no se necesiten, pero se pueden emplear hasta durante 14 días si se manipulan de forma aséptica (155, 156). **Categoría II.**
9. Un catéter umbilical puede sustituirse si funciona mal y no hay otra indicación para su retirada, y el tiempo total de permanencia no ha excedido los 5 días, para un catéter arterial umbilical, o los 14 días, para un catéter venoso umbilical. **Categoría II.**

Revisión de la bibliografía

Aunque el muñón umbilical se coloniza densamente poco después del nacimiento, el cateterismo de vasos sanguíneos se usa a menudo como acceso vascular en los recién nacidos. Los vasos umbilicales pueden canularse fácilmente y permiten tanto la recolección de muestras de sangre como la medición del estado hemodinámico. Las incidencias de colonización del catéter y BSI son similares para los catéteres venosos y los arteriales. En distintos estudios, se calculó en un 40-55% los catéteres arteriales umbilicales colonizados, y el 5% causó CRBSI; se calculó que los catéteres venosos umbilicales presentaban colonización en el 22-59% de los casos (147, 148, 340), y CRSBI en el 3-8% (148).

Aunque los índices de CRBSI son similares para los catéteres umbilicales en una posición alta (p. ej., sobre el diafragma) comparados con los de una posición inferior (p. ej., por debajo del diafragma y por encima de la bifurcación de la aorta), los primeros tuvieron una menor incidencia de complicaciones vasculares sin un aumento de secuelas adversas (148).

Los factores de riesgo de infección difieren entre catéteres umbilicales arteriales y venosos. En un estudio, los neonatos con un peso muy bajo que recibían antibióticos durante más de 10 días tenían mayor riesgo de CRBSI de la arteria umbilical (148). En comparación, aquellos con mayor peso al nacer y que recibían líquidos de nutrición parenteral tenían mayor riesgo de CRBSI umbilical venosa. La duración de la permanencia del catéter no resultó un factor de riesgo independiente para la infección de cualquier tipo de catéter umbilical.

Un reciente estudio clínico aleatorizado (n = 210) evaluó si el cateterismo venoso umbilical de larga duración (más de 28 días) tendría igual o menor incidencia de CRBSI al comparar neonatos con cateterismo venoso umbilical de corta duración (7-10 días) seguido de cateterismo venoso central. La tasa de CRBSI fue más elevada (20%) entre los neonatos con catéter de larga duración, cuando se compararon con los de corta duración (13%). La diferencia no fue significativa estadísticamente (p = 0,17), aunque al estudio se le redujo la potencia. El estudio no fue potenciado para evaluar diferencias en los índices de trombosis venosas.

Catéteres arteriales periféricos y de monitorización de presión Dispositivos para pacientes adultos y niños

Recomendaciones

Catéteres arteriales periféricos y dispositivos de monitorización de la presión para pacientes adultos y niños.

1. En los adultos, usar preferentemente como sitio de inserción las zonas radial, braquial o dorsal del pie, más que las zonas femoral o axilar, para reducir el riesgo de inserción (46, 47, 157, 158). **Categoría IB.**
2. En los niños, no se debe usar el área braquial. Son preferibles las zonas radial, dorsal del pie y tibial posterior, más que la femoral o la axilar (46). **Categoría II.**
3. Debe usarse como mínimo gorro, mascarilla, guantes estériles y bata estéril durante la inserción de un catéter arterial periférico (47, 158, 159). **Categoría IB.**

4. Durante la inserción de un catéter en la arteria axilar o femoral, deben tomarse las precauciones de máxima barrera estéril. **Categoría II.**
5. Sustituir los catéteres arteriales sólo cuando haya una indicación clínica. **Categoría II.**
6. Extraer el catéter arterial en cuanto ya no sea necesario. **Categoría II.**
7. Usar conjuntos de transductor desechables en lugar de reutilizables, cuando sea posible (160-164). **Categoría IB.**
8. No cambiar de forma sistemática los catéteres arteriales para evitar las infecciones relacionadas con los catéteres (165, 166, 167, 168). **Categoría II**.
9. Reemplazar los transductores desechables o reutilizables a intervalos de 96 horas. Cambiar los otros componentes del sistema (incluyendo las tuberías, el dispositivo de enjuague continuo y la solución de enjuague) al mismo tiempo que se sustituye el transductor (37, 161). **Categoría IB**.
10. Mantener estériles todos los componentes del sistema de vigilancia de presión (incluidos los dispositivos de calibración y la solución de enjuague) (169-171). **Categoría IA.**
11. Minimizar el número de manipulaciones y accesos al sistema de vigilancia de presión. Usar un sistema de enjuague cerrado (p. ej., enjuague continuo) en lugar de un sistema abierto (p. ej., uno que necesite una jeringuilla y una llave de paso), para mantener la permeabilidad de los catéteres de vigilancia de presión (272, 278). **Categoría II.**
12. Cuando se accede al sistema de vigilancia de presión a través de un diafragma en lugar de a través de una llave de paso, limpiar el diafragma con un antiséptico apropiado antes de acceder al sistema (163). **Categoría IA.**
13. No administrar soluciones que contengan glucosa ni líquidos de nutrición parenteral a través del circuito de vigilancia de presión (163, 173, 174). **Categoría IA.**
14. Esterilizar los transductores reutilizables de acuerdo con las instrucciones del fabricantes; si no es posible, usarlos desechables (163, 173-176). **Categoría IA.**

Revisión de la bibliografía

Los catéteres arteriales suelen estar insertados en la arteria radial o femoral, y permiten la monitorización continua de la presión arterial y gasometrías. El riesgo de CRBSI con los catéteres arteriales es menor que el asociado a los CVC de corta duración, no tunelizados, sin manguito y sin funda (1,7 frente a 2,7 por 1.000 días-catéter) (6). Sin embargo, los índices de riesgo de CRBSI son comparables entre los catéteres arteriales y los CVC con funda, sin manguito, no tunelizados (6). A diferencia de los CVC, el

uso de las precauciones de barrera completa durante la canulación arterial no parece disminuir el riesgo de CRBSI (158, 159). No obstante, cuando los catéteres arteriales se insertan usando un protocolo que incluye precauciones de máxima barrera, puede alcanzarse un riesgo muy bajo de CRBSI (0,41/1.000 días-catéter) (47). Aunque un metaanálisis no logró hallar una diferencia de índices de CRBSI entre tres sitios de inserción (radial, femoral, axilar) (342), la colonización de los catéteres insertados en la femoral es más frecuente (158).

Además, en un estudio de observación prospectivo sobre más de 2.900 catéteres arteriales que fueron insertados con la barrera de máximas precauciones, se demostró, en casi ocho grupos, un incremento de la incidencia de CRBSI cuando se usó la zona femoral, comparado con la radial (343). Además, existe un gran riesgo de CRBSI por bacterias gramnegativas cuando se usa la zona femoral (343). Los índices de colonización del catéter y de CRBSI son similares entre los sitios de la arteria radial y la dorsal del pie (157). El riesgo de sufrir CRBSI aumenta con la duración de la permanencia del catéter (166, 344); sin embargo, el cambio sistemático de catéteres arteriales en tiempos programados no disminuye el riesgo de CRBSI (165). Los catéteres que necesitan permanecer más de 5 días no deben cambiarse sistemáticamente si no se observan signos de infección.

Cambio de los sistemas de administración

Recomendaciones

1. En los pacientes que no están recibiendo sangre, hemoderivados ni emulsiones lipídicas, sustituir los sistemas de administración usados continuamente, incluyendo los secundarios y los dispositivos adicionales, con una frecuencia superior a la de intervalos de 96 horas (177), pero al menos cada 7 días (178-181). **Categoría IA.**
2. No puede hacerse ninguna recomendación sobre la frecuencia de reemplazo de los sistemas de administración usados de forma intermitente. **Punto no resuelto.**
3. No puede hacerse ninguna recomendación sobre la frecuencia de reemplazo de las agujas de los accesos a puertos subcutáneos. **Punto no resuelto.**
4. Cambiar los sistemas utilizados para administrar sangre, hemoderivados o emulsiones lipídicas (las combinadas con aminoácidos y glucosa en una proporción de 3:1, o con infusión separada) a las 24 horas del inicio de la infusión (182-185). **Categoría IB.**
5. Cambiar los sistemas utilizados para administrar infusiones de propofol cada 6-12 horas, al cambiar el vial, según las recomendaciones del fabricante (186). **Categoría IA.**

6. No puede hacerse ninguna recomendación sobre cuánto tiempo puede permanecer en el sitio una aguja usada para acceso a puertos subcutáneos. **Punto no resuelto.**

Revisión de la bibliografía

El intervalo óptimo para el reemplazo sistemático de los sistemas de administración intravenosa ha sido examinado en varios estudios bien controlados y metaanálisis. Datos de estos estudios revelan que reemplazar los sistemas de administración con una frecuencia no superior a 72-96 horas tras el inicio de su uso resulta seguro y es rentable (141, 177, 179-181). Estudios más recientes indican que los sistemas de administración pueden usarse con seguridad hasta durante 7 días si se usan junto con catéteres antisépticos o si no se han usado líquidos que aumentan el crecimiento microbiano (p. ej., nutrición parenteral o sangre) (216, 345). Cuando es infundido un líquido que favorece el crecimiento microbiano (p. ej., emulsiones lipídicas y hemoderivados), están indicados los cambios más frecuentes de los sistemas de administración, pues estos productos han sido identificados como factores independientes de riesgo de CRBSI (182, 216, 346-350).

Existen pocos datos sobre el plazo de tiempo que una aguja usada para acceder a puertos subcutáneos puede permanecer en su lugar y sobre el riesgo de CRBSI. Mientras que en algunos centros se han mantenido durante semanas sin CRBSI (351), esta práctica no ha sido estudiada adecuadamente.

Sistemas de catéter intravascular sin aguja

Recomendaciones

1. Cambiar los componentes sin aguja al menos con la misma frecuencia que los sistemas de administración. No hay ningún beneficio si se cambian éstos con una frecuencia superior a cada 72 horas (39, 187-193). **Categoría II.**
2. Cambiar los conectores de las agujas con una frecuencia superior a cada 72 horas o de acuerdo con las instrucciones del fabricante, con el propósito de reducir los índices de infección (187, 189, 192, 193). **Categoría II.**
3. Asegurarse de que todos los componentes del sistema sean compatibles para minimizar fugas y roturas mínimas en el sistema (194). **Categoría II.**
4. Minimizar los riesgos de contaminación limpiando el puerto de acceso con un antiséptico apropiado (clorhexidina, povidona yodada, un yodóforo o alcohol al

70%) y accediendo al puerto sólo con dispositivos estériles (189, 192, 194-196). **Categoría IA.**

5. Usar un sistema sin agujas para acceder a la tubería intravenosa. **Categoría IC.**
6. Cuando se usan sistemas sin agujas, es preferible una válvula con tabique divisorio a otras válvulas mecánicas, debido al mayor riesgo de infección con las mecánicas (197-200). **Categoría II.**

Revisión de la bibliografía

Las válvulas para la inyección de medicamentos, administración de infusiones intravenosas y recolección de muestras de sangre representan una posible puerta de entrada para los microorganismos en el acceso vascular de catéteres y líquidos intravenosos. Si esta contaminación es un punto de entrada importante de microorganismos que causan CRBSI, todavía no se ha demostrado. Sin embargo, las válvulas deben taparse cuando no se usan. En general, los sistemas de acceso de catéter cerrado se asocian a menos CRBSI que los sistemas abiertos, y debieran usarse preferentemente (352).

Los sistemas *piggyback* (infusión intermitente secundaria que se conecta a través de un puerto a la línea de infusión principal) se usan como alternativa a las válvulas. Sin embargo, suponen un riesgo para la contaminación del líquido intravascular si el dispositivo que entra en la membrana de goma de un puerto de inyección se expone al aire o si entra en contacto directo con esparadrapo no estéril usado para fijar la aguja al puerto. Los sistemas *piggyback* pueden evitar la contaminación de esos sitios (353).

Los intentos de reducir la incidencia de heridas punzante, y el riesgo resultante de transmisión de infecciones por la sangre al personal sanitario, han desembocado en la introducción y la demanda de sistemas de infusión sin agujas. Hay varios tipos de conectores sin aguja comercializados.

El primer tipo de conectores con sistema sin aguja consistió en un conector con tabique, al que se accede por una cánula sin punta en lugar de una aguja (cánula externa activada por tabique divisorio).

Debido a la gran cantidad de espacio en el conector para acomodar la cánula, cuando ésta se extrae puede haber presión negativa que puede hacer sangrar y que la sangre sea aspirada en la luz distal. Se diseñó un dispositivo de rosca activado, que incorpora una válvula en previsión de la salida del líquido por el conector, para eliminar este problema. Algunos dispositivos *luer* precisan contar con una tapa junto a la válvula cuando no se use, pues difícilmente puede mantenerse aséptica, y pueden quedar expuestos a la contaminación.

Otro tipo de sistema sin aguja de segunda generación abordó la oclusión incorporando el desplazamiento de un líquido neutro o positivo, tanto para vaciar la sangre aspirada, como para evitar su aspirado en los catéteres de infusión.

El uso de los conectores de catéteres o válvulas mecánicas parece ser eficaz para reducir la colonización del conector en algunos estudios (196, 354, 355), pero no en todos (356), cuando se compara con las llaves de paso y tapas. En un estudio (354), la incidencia de CRBSI se redujo cuando se comparó el conector sin aguja con llaves de paso normalizadas. Deben usarse los desinfectantes apropiados para evitar la transmisión de microbios a través de los conectores (357). Algunos estudios demuestran que la desinfección de los dispositivos con soluciones de clorhexidina/alcohol parece ser lo más efectivo para reducir la colonización (195, 196). Además, el tiempo empleado en aplicar el desinfectante puede ser muy importante. En un estudio se observó que deslizar el dispositivo *luer* activado en alcohol al 70% sólo durante 3-5 segundos no desinfecta adecuadamente la superficie del tabique (358). Sin embargo, diversas investigaciones punteras han documentado aumentos de CRBSI asociados a un cambio desde la cánula externa de dispositivos sin aguja con tabique divisorio activados hacia dispositivos de válvula mecánica (197, 198, 200, 359). Las razones para estas asociaciones no se conocen, y no se sabe si se trata de una asociación específica de dispositivo o de clase, particularmente porque las propiedades físicas y mecánicas de los conectores sin agujas varían de un dispositivo a otro. Además, una investigación señaló que las CRBSI habían aumentado con el cambio de una válvula mecánica de desplazamiento de un *luer* activado negativo a un *luer* activado positivo (199). Sin embargo, en un estudio de observación, el cambio de un desplazamiento de *luer* activado con un desplazamiento mecánico negativo en uno positivo como parte de una intervención integral logró un importante descenso de las CRBSI (201). Las posibles explicaciones para los brotes asociados a estos dispositivos incluyen la dificultad para la desinfección adecuada de la superficie del conector, debido a las características físicas de la posición de la interfase del diafragma, las propiedades de circulación del líquido (laminar o turbulento), el área de la superficie interna, el espacio muerto del posible líquido, el lavado inadecuado del dispositivo por una visualización deficiente del recorrido del flujo del líquido en dispositivos opacos y la presencia de ondulaciones internas que podrían albergar microorganismos, particularmente si se usan los catéteres para extraer sangre (199). Algunos estudios han demostrado que el aumento de CRBSI con el cambio a dispositivos *luer* activados puede estar relacionado con una limpieza insuficiente y con prácticas de control de la infección como la realización de pocos cambios del dispositivo (192, 194). Además, las válvulas del conector impregnadas de plata han

sido aprobadas por la FDA, y sin embargo, no existen estudios aleatorizados publicados sobre este dispositivo y no puede recomendarse su uso. Asimismo, se ha estudiado en el laboratorio una tapa de barrera antiséptica para conectores sin agujas, y parece efectiva en la prevención de la entrada de microorganismos (360), pero no ha sido todavía estudiada mediante un ensayo clínico.

Mejora de la actuación

Recomendación

Usar iniciativas de mejora específica del hospital o basada en la colaboración, en las que estrategias polifacéticas se integren para mejorar el cumplimiento de las recomendaciones basadas en la evidencia (15, 69, 70, 201-205). **Categoría IB.**

Revisión de la bibliografía

Quienes toman las decisiones clínicas, los usuarios de pago de los servicios de salud y los defensores de la seguridad de los pacientes hacen hincapié en la importancia de convertir los hallazgos de la investigación en prácticas diarias. Siguen siendo necesarias las evaluaciones rigurosas de prácticas preventivas de CRBSI usando diseños de estudio con gran validez interna, e incluyendo estudios de población que optimizan la validez externa necesaria. Una vez que las prácticas han sido determinadas como efectivas y económicamente eficientes, el siguiente paso es implementar estas prácticas basadas en la evidencia de forma que se conviertan en parte de la rutina de los cuidados clínicos. Desgraciadamente, la implantación de prácticas preventivas de CRBSI basadas en la evidencia en los hospitales de Estados Unidos no ha sido óptima (361, 362). En una investigación nacional llevada a cabo en marzo de 2005, sobre 700 hospitales de Estados Unidos, aproximadamente una cuarta parte de ellos indicaron que, tanto las precauciones máximas de barrera antiséptica durante la inserción de la línea central, como el uso de gluconato de clorhexidina como desinfectante local, dos prácticas ampliamente recomendadas en las directrices publicadas en 2002 (363), no se usaban habitualmente (364). Aproximadamente el 15% de los hospitales de Estados Unidos informaron de cambios sistemáticos de los CVC para prevenir infecciones, a pesar de las pruebas de que esta práctica no debía usarse más (362, 364).

En consecuencia, los investigadores han intentado varios métodos para trasladar mejor los hallazgos de la investigación y las recomendaciones basadas en evidencias a la práctica clínica. Numerosos estudios de mejora de la calidad se han publicado du-

rante los últimos años, y han usado diversos métodos, como la formación del personal sanitario, la auditoría y la retroalimentación, el cambio organizativo y los avisos clínicos (8-11, 69, 70, 202, 365-367). Las intervenciones educativas fundamentalmente indicadas son: higiene de manos, uso de precaución de máxima barrera estéril durante la inserción, elección apropiada del punto de inserción, cuidado local adecuado usando gluconato de clorhexidina y extracción rápida de los catéteres innecesarios. Aunque se ha publicado un gran número de estudios anteriores y posteriores, con algunos usando grupos de control concurrentes (15,70), no hay constancia de estudios controlados, no aleatorizados, que evalúen una estrategia de mejora de la calidad para evitar las CRBSI (368). Además, ambas pruebas controladas han encontrado también reducciones estadísticamente significativas de CRBSI en las unidades de intervención, comparadas con las unidades de control (15, 70).

Los investigadores han empleado también otros métodos en los que se han articulado conjuntamente diversas estrategias para mejorar el cumplimiento de las directrices basadas en la evidencia (15, 69, 70). Un estudio de cohortes de colaboración (69) de 108 UCI de Michigan señaló el uso por parte de los sanitarios de cinco prácticas basadas en la evidencia: higiene de manos, precauciones de máxima barrera, desinfección local con clorhexidina, evitar la zona femoral y pronta extracción de catéteres venosos centrales innecesarios. Además de formar a los médicos acerca de la prevención de CRBSI, las intervenciones usadas fueron: 1) un carro de catéter venoso central que contenía todas las provisiones necesarias; 2) una lista para asegurar el cumplimiento de las prácticas apropiadas; 3) suspensión de procedimientos en situaciones de no emergencia, si las prácticas basadas en la evidencia no se estaban siguiendo; 4) pronta extracción de los catéteres centrales innecesarios en las rondas diarias de visita a los pacientes; 5) retroalimentación sobre los equipos médicos en relación con el número de episodios de CRBSI e índices totales, y 6) compromiso de los jefes ejecutivos de los hospitales participantes de que las soluciones o productos de gluconato de chlorhexidina se almacenarían antes de iniciarse el estudio. Usando análisis de series de tiempo y regresión multifactorial, los investigadores documentaron un descenso estadísticamente significativo del 66% en las tasas de CRBSI aproximadamente 18 meses después de que empezara la intervención (69), y sostuvieron las reducciones a lo largo del tiempo (369). Los procesos específicos y las mediciones de salidas para seguimiento y retroalimentación (p. ej., índice de infecciones de las líneas centrales colocadas con todos o con elementos individuales integrados, desarrollados y documentados) deben ser identificados en instituciones individuales basadas en áreas que han sido identificadas para mejorar.

Finalmente, un foco de mejora de la ejecución y seguro de calidad en todos los programas debe ser el énfasis en el cuidado y el mantenimiento de los catéteres una vez que estén colocados. Un estudio para evaluar la práctica y el conocimiento del personal de cuidados tras la inserción de CVC, e identificar aspectos del cuidado de éstos con posibilidad de mejora, mostró diversas áreas como oportunidad de mejora en el cuidado tras la inserción (370). Se registraron datos de 151 CVC en 106 pacientes, arrojando un total de 721 días-catéter. En conjunto, se identificaron 323 incumplimientos de cuidados, que arrojó una tasa de error del 44,8%, con diferencias significativas entre la unidad de cuidados intensivos (UCI) y las salas no UCI. Se identificaron los apósitos (no intactos) y las tapas (incorrectamente puestas) como fallos más importantes en el cuidado de CVC, con 158 y 156 incumplimientos por 1.000 días-catéter, respectivamente. Las intervenciones para mejorar la fiabilidad en cuanto al cuidado debieran centrarse en hacer que fuera más fácil conseguir la implementación de la mejor práctica.

Bibliografía

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 non-teaching 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-teeaching 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 physiciansin-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. Trottier SJ, Veremakis C, O'Brien J, Auer AI. Femoral deep vein thrombosis associated with central venous catheterization: results from a prospective, randomized trial. Crit Care Med 1995; 23:52–9.
54. Lorente L, Henry C, Martin MM, Jimenez A, Mora ML. Central venous catheter-related infection in a prospective and observational study of 2,595 catheters. Crit Care 2005; 9:R631–5.
55. Schillinger F, Schillinger D, Montagnac R, Milcent T. Post catheterisation vein stenosis in haemodialysis: comparative angiographic study of 50 subclavian and 50 internal jugular accesses. Nephrol Dial Transplant 1991; 6:722–4.
56. Cimochowski 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. Trerotola SO, Kuhn-Fulton J, Johnson MS, Shah H, Ambrosius WT, Kneebone PH. Tunneled infusion catheters: increased incidence of symptomatic venous thrombosis after subclavian versus internal jugular venous access. Radiology 2000; 217:89–93.
59. National Kidney Foundation. III. NKF-K/DOQI Clinical Practice Guidelines for Vascular Access: update 2000. Am J Kidney Dis 2001; 37: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; 1.128:600.

75. Mermel LA, Maki DG. Infectious complications of Swan-Ganz pulmonary artery catheters. Pathogenesis, epidemiology, prevention, and management. Am J Respir Crit Care Med 1994; 149:1020–36.

76. Raad II, Hohn DC, Gilbreath BJ, et al. Prevention of central venous catheter-related infections by using maximal sterile barrier precautions during insertion. Infect Control Hosp Epidemiol 1994; 15:231–8.

77. Boyce JM, Pittet D. Guideline for hand hygiene in health-care settings: recommendations of the Healthcare Infection Control Practices Advisory Committee and the HICPAC/SHEA/APIC/IDSA Hand Hygiene Task Force. Infect Control Hosp Epidemiol 2002; 23: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, Cochard JF, Cohen Y, Nitenberg G. Prevention of intravascular catheter-related infection with newer chlorhexidine-silver sulfadiazine-coated catheters: a randomized controlled trial. Intensive Care Med 2004; 30:837–43.

107. Ostendorf T, Meinhold A, Harter C, et al. Chlorhexidine and silver-sulfadiazine coated central venous catheters in haematological patients–a double-blind, randomised, prospective, controlled trial. Support Care Cancer 2005; 13:993–1000.

108. Rupp ME, Lisco SJ, Lipsett PA, et al. Effect of a second-generation venous catheter impregnated with chlorhexidine and silver sulfadiazine on central catheter-related infections: a randomized, controlled trial. Ann Intern Med 2005; 143:570–80.

109. Darouiche RO, Raad II, Heard SO, et al. A comparison of two antimicrobial-impregnated central venous catheters. Catheter Study Group. N Engl J Med 1999; 340:1–8.

110. Raad I, Darouiche R, Dupuis J, et al. Central venous catheters coated with minocycline and rifampin for the prevention of catheter-related colonization and bloodstream infections. A randomized, double-blind trial. The Texas Medical Center Catheter Study Group. Ann Intern Med 1997; 127:267–74.

111. Hanna H, Benjamin R, Chatzinikolaou I, et al. Long-term silicone central venous catheters impregnated with minocycline and rifampin decrease rates of catheter-related bloodstream infection in cancer patients: a prospective randomized clinical trial. J Clin Oncol 2004; 22:3163–71.

112. Bhutta A, Gilliam C, Honeycutt M, et al. Reduction of bloodstream infections associated with catheters in paediatric intensive care unit: stepwise approach. BMJ 2007; 334:362–5.

113. Chelliah A, Heydon KH, Zaoutis TE, et al. Observational trial of antibiotic-coated central venous catheters in critically ill pediatric patients. Pediatr Infect Dis J 2007; 26:816–20.

114. van de Wetering MD, van Woensel JBM. Prophylactic antibiotics for preventing early central venous catheter Gram positive infections in oncology patients. Cochrane Database of Systematic Reviews 2007; Issue 1. Art. No.: CD003295. DOI: 10.1002/ 14651858. CD003295.pub2.

115. Maki DG, Band JD. A comparative study of polyantibiotic and iodophorointments in prevention of vascular catheter-related infection. Am J Med 1981; 70:739–44.

116. Fukunaga A, Naritaka H, Fukaya R, Tabuse M, Nakamura T. Povidone-iodine ointment and gauze dressings associated with reduced catheter-related infection in seriously ill neurosurgical patients. Infect Control Hosp Epidemiol 2004; 25:696–8.

117. Johnson DW, MacGinley R, Kay TD, et al. A randomized controlled trial of topical exit site mupirocin application in patients with tunnelled, cuffed haemodialysis catheters. Nephrol Dial Transplant 2002; 17:1802–7.

118. Fong IW. Prevention of haemodialysis and peritoneal dialysis catheter related infection by topical povidone-iodine. Postgrad Med J 1993; 69(Suppl 3):S15–7.

119. Levin A, Mason AJ, Jindal KK, Fong IW, Goldstein MB. Prevention of hemodialysis subclavian vein catheter infections by topical povidone-iodine. Kidney Int 1991; 40:934–8.

120. Schwartz C, Henrickson KJ, Roghmann K, Powell K. Prevention of bacteremia attributed to luminal colonization of tunneled central venous catheters with vancomycin-susceptible organisms. J Clin Oncol 1990; 8:1591–7.

121. Rackoff WR, Weiman M, Jakobowski D, et al. A randomized, controlled trial of the efficacy of a heparin and vancomycin solution in preventing central venous catheter infections in children. J Pediatr 1995; 127:147–51.

122. Carratala J, Niubo J, Fernandez-Sevilla A, et al. Randomized, double-blind trial of an antibiotic-lock technique for prevention of gram-positive central venous catheter-related infection in neutropenic patients with cancer. Antimicrob Agents Chemother 1999; 43:2200–4.

123. Jurewitsch B, Lee T, Park J, Jeejeebhoy K. Taurolidine 2% as an antimicrobial lock solution for prevention of recurrent catheter-related bloodstream infections. J Parenter Enteral Nutr 1998; 22:242–4.

124. Henrickson KJ, Axtell RA, Hoover SM, et al. Prevention of central venous catheter-related infections and thrombotic events in immunocompromised children by the use of vancomycin/ciprofloxacin/ heparin flush solution: a randomized, multicenter, double-blind trial. J Clin Oncol 2000; 18:1269–78.

125. Garland JS, Alex CP, Henrickson KJ, McAuliffe TL, Maki DG. A vancomycin-heparin lock solution for prevention of nosocomial bloodstream infection in critically ill neonates with peripherally inserted central venous catheters: a prospective, randomized trial. Pediatrics 2005; 116:e198–205.

126. Daghistani D, Horn M, Rodriguez Z, Schoenike S, Toledano S. Prevention of indwelling central venous catheter sepsis. Med Pediatr Oncol 1996; 26:405–8.

127. Barriga FJ, Varas M, Potin M, et al. Efficacy of a vancomycin solution to prevent bacteremia associated with an indwelling central venous catheter in neutropenic and non-neutropenic cancer patients. Med Pediatr Oncol 1997; 28:196–200.

128. Dogra GK, Herson H, Hutchison B, et al. Prevention of tunneled hemodialysis catheter-related infections using catheter-restricted filling with gentamicin and citrate: a randomized controlled study. J Am Soc Nephrol 2002; 13:2133–9.

129. Allon M. Prophylaxis against dialysis catheter-related bacteremia with a novel antimicrobial lock solution. Clin Infect Dis 2003; 36:1539–44.

130. Elhassan NO, Stevens TP, Gigliotti F, Hardy DJ, Cole CA, Sinkin RA. Vancomycin usage in central venous catheters in a neonatal intensive care unit. Pediatr Infect Dis J 2004; 23:201–6.

131. McIntyre CW, Hulme LJ, Taal M, Fluck RJ. Locking of tunneled hemodialysis catheters with gentamicin and heparin. Kidney Int 2004; 66:801–5.

132. Betjes MG, van Agteren M. Prevention of dialysis catheter-related sepsis with a citrate-taurolidine-containing lock solution. Nephrol Dial Transplant 2004; 19:1546–1.

133. Weijmer MC, van den Dorpel MA, Van de Ven PJ, et al. Randomized, clinical trial comparison of trisodium citrate 30% and heparin as catheter-locking solution in hemodialysis patients. J Am Soc Nephrol 2005; 16:2769–77.

134. Bleyer AJ, Mason L, Russell G, Raad II, Sherertz RJ. A randomized, controlled trial of a new vascular catheter flush solution (minocycline-EDTA) in temporary hemodialysis access. Infect Control Hosp Epidemiol 2005; 26:520–4.

135. Kim SH, Song KI, Chang JW, et al. Prevention of uncuffed hemodialysis catheter-related bacteremia using an antibiotic lock technique: a prospective, randomized clinical trial. Kidney Int 2006; 69:161–4.

136. Al-Hwiesh AK, Abdul-Rahman IS. Successful prevention of tunneled, central catheter infection by antibiotic lock therapy using vancomycin and gentamycin. Saudi J Kidney Dis Transpl 2007; 18:239–47.

137. Nori US, Manoharan A, Yee J, Besarab A. Comparison of low-dose gentamicin with minocycline as catheter lock solutions in the prevention of catheter-related bacteremia. Am J Kidney Dis 2006; 48:596–605.

138. Saxena AK, Panhotra BR, Sundaram DS, et al. Tunneled catheters' outcome optimization among diabetics on dialysis through antibiotic-lock placement. Kidney Int 2006; 70:1629–35.

139. Randolph AG, Cook DJ, Gonzales CA, Andrew M. Benefit of heparin in central venous and pulmonary artery catheters: a meta-analysis of randomized controlled trials. Chest 1998; 113:165–71.

140. Tager IB, Ginsberg MB, Ellis SE, et al. An epidemiologic study of the risks associated with peripheral intravenous catheters. Am J Epidemiol 1983; 118:839–51.

141. Lai KK. Safety of prolonging peripheral cannula and i.v. tubing use from 72 hours to 96 hours. Am J Infect Control 1998; 26:66–70.

142. Van Donk P, Rickard CM, McGrail MR, Doolan G. Routine replacement versus clinical monitoring of peripheral intravenous catheters in a regional hospital in the home program: a randomized controlled trial. Infect Control Hosp Epidemiol 2009; 30:915–7.

143. Webster J, Clarke S, Paterson D, et al. Routine care of peripheral intravenous catheters versus clinically indicated replacement: randomised controlled trial. BMJ 2008; 337:a339.

144. Webster J, Osborne S, Rickard C, Hall J. Clinically-indicated replacement versus routine replacement of peripheral venous catheters. Cochrane Database Syst Rev 2010; 3:CD007798.

145. Boo NY, Wong NC, Zulkifli SS, Lye MS. Risk factors associated with umbilical vascular catheter-associated thrombosis in newborn infants. J Paediatr Child Health 1999; 35:460–5.

146. Garland JS, Buck RK, Maloney P, et al. Comparison of 10% povidone-iodine and 0.5% chlorhexidine gluconate for the prevention of peripheral intravenous catheter colonization in neonates: a prospective trial. Pediatr Infect Dis J 1995; 14:510–6.

147. Krauss AN, Albert RF, Kannan MM. Contamination of umbilical catheters in the newborn infant. J Pediatr 1970; 77:965–9.

148. Landers S, Moise AA, Fraley JK, Smith EO, Baker CJ. Factors associated with umbilical catheter-related sepsis in neonates. Am J Dis Child 1991; 145:675–80.

149. Cronin WA, Germanson TP, Donowitz LG. Intravascular catheter colonization and related bloodstream infection in critically ill neonates. Infect Control Hosp Epidemiol 1990; 11:301–8.

150. Miller KL, Coen PE, White WJ, Hurst WJ, Achey BE, Lang CM. Effectiveness of skin absorption of tincture of I in blocking radioiodine from the human thyroid gland. Health Phys 1989; 56:911–4.

151. Ankola PA, Atakent YS. Effect of adding heparin in very low concentration to the infusate to prolong the patency of umbilical artery catheters. Am J Perinatol 1993; 10:229–32.

152. David RJ, Merten DF, Anderson JC, Gross S. Prevention of umbilical artery catheter clots with heparinized infusates. Dev Pharmacol Ther 1981; 2:117–26.

153. Horgan MJ, Bartoletti A, Polansky S, Peters JC, Manning TJ, Lamont BM. Effect of heparin infusates in 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 2. 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 3. and catheter sepsis during parenteral nutrition. JPEN J Parenter Enteral Nutr 1985; 9:322–5.

179. Snydman 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 72 hour 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. JInfect 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, Platzer M, Jost R, Schaumberger F, Stettner H, Likar R. Comparison of catheter-related infection and tip colonization between internal jugular and subclavian central venous catheters in surgical neonates. Anesthesiology 2007; 107:946–53.

246. Deshpande KS, Hatem C, Ulrich HL, et al. The incidence of infectious complications of central venous catheters at the subclavian, internal jugular, and femoral sites in an intensive care unit population. Crit Care Med 2005; 33:13–20; discussion 234–5.

247. Durbec O, Viviand X, Potie F, 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 prgramme to improve compliance with hand hygiene. Lancet 2000; 356:1307–9.

256. Humar A, Ostromecki A, Direnfeld 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, Studnicska D, Gavrus RL, Csipak G, Hagau R, Slavcovici AV. Central venous catheter colonization and catheter-related bloodstream infections in critically ill patients: a comparison between standard and silver-integrated catheters. Eur J Anaesthesiol 2009; 26:752–8.

277. Bong JJ, Kite P, Wilco MH, McMahon MJ. Prevention of catheter related bloodstream infection by silver iontophoretic central venous catheters: a randomisedcontrolledtrial.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, 4. 2006: 39–50.

303. Gristina AG. Biomaterial-centered infection: microbial adhesion versus tissue integration. Science 1987; 237:1588–95.

304. Timsit JF, Farkas JC, Boyer JM, et al. Central vein catheter-related thrombosis in intensive care patients: incidence, risks factors, and relationship with catheter-related sepsis. Chest 1998; 114:207–13.

305. Eastman ME, Khorsand M, Maki DG, et al. Central venous device-related infection and thrombosis in patients treated with moderate dose continuous-infusion interleukin-2. Cancer 2001; 91:806–14.

306. Abdelkefi A, Torjman L, Ladeb S, et al. Randomized trial of prevention of catheter-related bloodstream infection by continuous infusion of low-dose unfractionated heparin in patients with hematologic and oncologic disease. J Clin Oncol 2005; 23:7864–70.

307. Mermel LA, Stolz SM, Maki DG. Surface antimicrobial activity of heparin-bonded and antiseptic-impregnated vascular catheters. J Infect Dis 1993; 167:920–4.

308. Pierce CM, Wade A, Mok Q. Heparin-bonded central venous lines reduce thrombotic and infective complications in critically ill children. Intensive Care Med 2000; 26:967–72.

309. Appelgren P, Ransjo U, Bindslev L, Espersen F, Larm O. Surface heparinization of central venous catheters reduces microbial colonization in vitro and in vivo: results from a prospective, randomized trial. Crit Care Med 1996; 24:1482–9.

310. Abdelkefi A, Achour W, Ben Othman T, et al. Use of heparin-coated central venous lines to prevent catheter-related bloodstream infection. J Support Oncol 2007; 5:273–8.

311. Carrasco MN, Bueno A, de las Cuevas C, et al. Evaluation of a triple-lumen central venous heparin-coated catheter versus a catheter coated with chlorhexidine and silver sulfadiazine in critically ill patients. Intensive Care Med 2004; 30:633–8.

312. Levy JH, Hursting MJ. Heparin-induced thrombocytopenia, a prothrombotic disease. Hematol Oncol Clin North Am 2007; 21:65–88.

313. Weijmer MC, Debets-Ossenkopp YJ, Van De Vondervoort FJ, ter Wee PM. Superior antimicrobial activity of trisodium citrate over heparin for catheter locking. Nephrol Dial Transplant 2002; 17:2189–95.

314. Boraks P, Seale J, Price J, et al. Prevention of central venous catheter associated thrombosis using minidose warfarin in patients with haematological malignancies. Br J Haematol 1998; 101:483–6.

315. Bern MM, Lokich JJ, Wallach SR, et al. Very low doses of warfarin can prevent thrombosis in central venous catheters. A randomized prospective trial. Ann Intern Med 1990; 112:423–8.

316. Akl EA, Karmath G, Yosuico VED, Kim SY, Barba M, Sperati F, Cook D, Schünemann 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, Siversen 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 Posi-Flow needleless connector. J Hosp Infect 2003; 54:288–93.

356. Esteve F, Pujol M, Limon E, et al. Bloodstream infectio 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.