



Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica

www.elsevier.es/eimc



Original

Impacto de un programa de prevención de la bacteriemia relacionada con el catéter en una unidad de cuidados intensivos de un hospital terciario

Francisco Esteve^{a,*}, Miquel Pujol^b, Javier Ariza^b, Francisco Gudiol^b, Ricard Verdaguer^c, María Ciscal^c, María José Argerich^b y Rafael Mañez^a

^a Servicio de Medicina Intensiva, Hospital Universitario de Bellvitge, L'Hospitalet de Llobregat, Barcelona, España

^b Servicio de Enfermedades Infecciosas, Hospital Universitario de Bellvitge, L'Hospitalet de Llobregat, Barcelona, España

^c Servicio de Microbiología, Hospital Universitario de Bellvitge, L'Hospitalet de Llobregat, Barcelona, España

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Historia del artículo:

Recibido el 25 de septiembre de 2008

Aceptado el 20 de marzo de 2009

On-line el 23 de julio de 2009

Palabras clave:

Bacteriemia relacionada con el catéter

Prevención

Unidad de cuidados intensivos

RESUMEN

Introducción: La bacteriemia relacionada con catéteres (BRC) vasculares aumenta la morbimortalidad de los pacientes ingresados en la unidad de cuidados intensivos (UCI). La estrategia óptima para la prevención de la BRC no está bien definida. La comparación de las tasas de BRC con las facilitadas por programas como el National Nosocomial Infection Surveillance System de los EE. UU. o el Estudio Nacional de Vigilancia de Infección Nosocomial (ENVIN) permiten determinar la necesidad de aplicar medidas de control. En el año 2000 se detectaron tasas de BRC en las UCI del Hospital Universitario de Bellvitge muy por encima de las publicadas por el ENVIN.

Objetivo: Evaluar el impacto que tiene sobre las tasas de BRC la aplicación de un protocolo para el uso adecuado de catéteres intravasculares en una UCI.

Metodología: Estudio prospectivo de pacientes ingresados en las UCI de un hospital terciario en el período de mayo a junio durante los años 2000 a 2004. En el año 2001 se aplicó un programa de prevención de la BRC que incluía aspectos relacionados con la inserción y el mantenimiento del catéter en los pacientes de la UCI. Se calcularon las tasas de infección por 1.000 días de catéter en los diferentes períodos bimensuales y se compararon los resultados del año 2000 con los del año 2004 mediante el análisis de la *odds ratio* (OR) y de su intervalo de confianza (IC).

Resultados: Se incluyeron 923 pacientes con una edad media de 58,7 años (desviación estándar [DE] de 15,4), una estancia media de 11,6 días (DE de 11,4), un Simplified Acute Physiology Score (SAPS) II medio de 28,2 días (DE de 15,9) y una mortalidad del 20,5%. Se observó una reducción progresiva de las tasas de BRC de 13,3 episodios por 1.000 días de catéter en el primer período a 3,21 en el último (OR de 3,53; IC del 95%: 2,36 a 5,31).

Conclusiones: La aplicación de un programa de prevención de la BRC y la monitorización de las tasas de BRC condujo a una reducción significativa y sostenida del BRC.

© 2008 Elsevier España, S.L. Todos los derechos reservados.

Impact of a prevention program for catheter-related bloodstream infection in the intensive care unit of a tertiary hospital

ABSTRACT

Keywords:

Catheter-related bloodstream infection

Prevention

Intensive care unit

Introduction: Catheter-related bloodstream infection (CR-BSI) is a cause of morbidity and mortality in intensive care units, and the optimal approach for preventing these infections is not well defined. Comparison of CR-BSI rates with those provided by programs such as the National Nosocomial Infection Surveillance System (NNISS) from the USA and the Spanish National Nosocomial Infection Surveillance Study (ENVIN), enable determination of the need to implement control measures. In 2000, we found that the CR-BSI rates in UCIs of our hospital were much higher than the data reported by ENVIN.

Objective: To assess the impact of implementing a protocol for proper use of intravascular catheters on CR-BSI rates in the intensive care unit (ICU) of a tertiary hospital.

Methods: Prospective study of patients admitted to the ICUs of a tertiary hospital in the months of May and June, from 2000 to 2004. In 2001, a CR-BSI prevention program including aspects related to catheter insertion and maintenance in ICU patients was implemented. We calculated infection rates per 1000 days of catheter use in all the 2-month periods studied, and compared the 2000 and 2004 results by analysis of the odds ratios and confidence intervals.

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: f.esteve@bellvitgehospital.cat (F. Esteve).

Results: A total of 923 patients were included. Mean age was 58.7 years (SD: 15.4), mean ICU stay was 11.6 days (SD: 11.4), mean SAPSII was 28.2 (SD: 15.9), and mortality was 20.5%. There was a significant reduction in CR-BSI rates from 13.3 episodes per 1000 days of catheter use in the first period to 3.21 in the last period (OR = 3.53, 95% CI: 2.36–5.31).

Conclusions: Application of a prevention program for CR-BSI and a system for monitoring BSI rates led to a significant, sustained reduction in these infections.

© 2008 Elsevier España, S.L. All rights reserved.

Introducción

El uso de los catéteres venosos centrales (CVC) y de los catéteres arteriales (CA) es imprescindible en los pacientes ingresados en unidades de cuidados intensivos (UCI) para atender las necesidades de medicación intravenosa, nutrición parenteral y monitorización hemodinámica¹⁻³. La utilización de catéteres vasculares está asociada a las complicaciones infecciosas potencialmente graves, como la bacteriemia relacionada con el catéter (BRC)¹⁻³. La BRC es una de las infecciones nosocomiales prevenibles más frecuentes en las UCI¹⁻⁵. Este tipo de infecciones aumenta de forma significativa las tasas de morbilidad²⁻⁴, la estancia hospitalaria y los costes asistenciales en los pacientes críticos⁶⁻¹⁰ aunque es discutible que aumente la mortalidad^{9,11}. En algunos estudios, la mortalidad atribuible a la infección nosocomial ha sido estimada hasta del 35%, aunque estas cifras varían ampliamente en función del agente etiológico causante⁸.

Igualmente la variabilidad en cuanto a las tasas de infección en los diferentes tipos de UCI es muy notable. Por ejemplo, el National Nosocomial Infections Surveillance System del Centers for Disease Control and Prevention (CDC) de EE. UU. propone unas tasas ajustadas por 1.000 días de uso del CVC de 2,7 para las unidades de cirugía cardiotorácica y de 7,4 en unidades de pacientes traumáticos o de 4 episodios por 1.000 días de catéter en las UCI eminentemente quirúrgicas¹².

La estrategia óptima para la prevención de la BRC no está clara. Sin embargo, la implementación de protocolos específicos y la aplicación de las guías clínicas específicas para la prevención de la BRC pueden contribuir a la disminución de las tasas de infección¹³⁻¹⁸.

Para disminuir el riesgo de las infecciones relacionadas con los accesos vasculares se han descrito varias estrategias¹⁹⁻²³. El CDC y otras organizaciones recomiendan la promoción y la aplicación de programas educacionales para una correcta inserción y mantenimiento de los catéteres intravasculares²⁴. Otras estrategias, como el uso de CVC impregnados con antimicrobianos, pueden ser eficaces en determinadas circunstancias.

En el año 2000 se observó en las UCI una tasa muy elevada de BRC que hizo necesaria la introducción de un programa de control basado en medidas educacionales y la revisión de los protocolos para la correcta inserción y mantenimiento de los catéteres intravasculares en pacientes críticos.

Material y método

Centro

El Hospital Universitario de Bellvitge es un centro de nivel terciario de 900 camas y con unos 25.000 ingresos anuales. Es el hospital de referencia para un área geográfica con una población de 1.000.000 de habitantes. Es un hospital médico y quirúrgico para pacientes adultos con todas las especialidades médicas, salvo hematología clínica, obstetricia y grandes quemados. Está dotado de 2 UCI (24 camas) polivalentes (pacientes médicos, traumáticos

y quirúrgicos) de un total de 60 camas destinadas a pacientes críticos.

Pacientes y período de estudio

Todos los pacientes hospitalizados en las UCI polivalentes de este centro más de 24 h durante los meses de mayo a junio del período 2000 a 2004 se incluyeron en el estudio. Se siguió la metodología y las definiciones acordes al Estudio Nacional de Vigilancia de Infección Nosocomial (ENVIN-UCI) en los Servicios de Medicina Intensiva.

En enero de 2002 se puso en funcionamiento una unidad específica destinada al cuidado de los pacientes postoperados de cirugía cardíaca. Esta medida supuso un cambio en los circuitos de ingreso que afectó la distribución de los pacientes ingresados en las UCI polivalentes en cuanto a su enfermedad de base, por lo que aumentó la proporción de los pacientes con un motivo de ingreso de causa médica (tabla 1).

Intervenciones

A finales del año 2000 se creó un equipo multidisciplinario con el objetivo de revisar y promover las recomendaciones relacionadas con la prevención de la bacteriemia de catéter elaboradas por el CDC. En enero del año 2001 se inició un programa de sesiones para los médicos y para el personal de enfermería de las UCI, en el que se revisaron las tasas de infección y se discutieron las recomendaciones indicadas en estas guías.

Se realizaron 2 sesiones conjuntas formativas para los médicos y para las enfermeras del Servicio de Medicina Intensiva, Enfermedades Infecciosas (Equipo de Control de la Infección Nosocomial) y Unidad de Nutrición Parenteral. La Dirección Médica y de Enfermería del centro promovió las sesiones y se contó con la asistencia de todo el personal convocado. En estas sesiones se explicaron los problemas asociados al uso de catéteres intravasculares, la patogenia de la infección del catéter y las recomendaciones relacionadas con la prevención de la bacteriemia de catéter elaboradas por el CDC y adaptadas a este centro.

Se elaboró un protocolo específico (tabla 2) para la prevención de la BRC editado en formato de bolsillo para el uso individual de todo el personal. A todo el personal que se incorpora al servicio se le realiza formación específica de los protocolos de actuación de este centro entre los que se incluye el de prevención de la BRC.

Una enfermera del Equipo de Control de la Infección Nosocomial recoge diariamente los episodios sospechosos de BRC que posteriormente se contrastan con un médico del mismo equipo y mensualmente con un médico del Servicio de Medicina Intensiva.

Las supervisoras de enfermería de cada unidad se encargan bimensualmente del recordatorio y aplicación del protocolo de prevención de la BRC.

Las recomendaciones incluidas en el protocolo se dirigieron a los CVC y a los CA. Se recomendó la localización subclavia para los CVC y la localización radial para los CA. La preparación de la piel para la inserción del catéter se hace con antisepsia cutánea mediante solución alcohólica de clorhexidina al 0,5%. Las medidas de barrera que se siguen para la inserción son el lavado de manos

Tabla 1
Características generales de la población

	2000	2001	2002	2003	2004	p
Pacientes	256	240	134	144	149	
Sexo	67% V 33% M	67,5% V 32,5% M	61,19% V 38,81% M	63,19% V 36,8% M	62,4% V 37,6% M	NS
Edad, años (DE)	58,3 (15,2)	60,3 (15)	58,2 (16,4)	58,7 (15,7)	58,1 (14,8)	NS
Estancia, días (DE)	10,2 (10)	10,1 (10)	14,07 (12,8)	12,02 (11,7)	11,91 (12,5)	NS
SAPS II	25,7 (13,4)	24,2 (15,2)	30,11 (13,9)	30,2 (12,4)	30,8 (24,8)	0,075 NS
Mortalidad, % (DE)	44 (17,2)	41 (17)	35 (26,12)	34 (23,6)	36 (24,16)	0,22 NS
Paciente médico, n (%)	100 (39)	95 (39,5)	87 (64,9)	94 (65,27)	103 (69,12)	0,06 NS
Paciente quirúrgico, n (%)	120 (47)	120 (50)	33 (24,6)	37 (25,69)	39 (26,17)	
Paciente traumático, n (%)	36 (14)	25 (10,5)	14 (10,4)	13 (9,02)	7 (4,7)	

DE: desviación estándar; M: mujer; NS: no significativo; SAPS: Simplified Acute Physiology Score; V: varón.

Tabla 2
Protocolo de cuidado de los catéteres

Inserción	Lavado de la piel con jabón quirúrgico (digluconato de clorhexidina al 4%). Corte del vello (no rasurado)
Preparación de la piel	Solución alcohólica de digluconato de clorhexidina al 0,5%
Precauciones de contacto	Guantes, batas y tallas estériles, gorro y máscara quirúrgicos. Lavado de manos con jabón quirúrgico
Catéteres impregnados en iones de plata	Según criterio del clínico
Localización preferente	Vena subclavia
Cuidado del punto de inserción y de las conexiones	Protección con gasas estériles impregnadas en pomada de clorhexidina. Sustitución cada 72 h. Todos los procedimientos en condiciones estériles
Mantenimiento	Conexiones: a) Llave de 3 pasos: usar tapones nuevos después de cada manipulación b) Conectores con válvula desinfectable: desinfección con solución alcohólica de digluconato de clorhexidina al 0,5% después de cada manipulación Cambio de los equipos de administración cada 72 h
Cambio de los catéteres	No hay cambio de rutina Cambio cuando hay signos locales de infección o si se sospecha de BRC Retirada del catéter si éste no es necesario

BRC: bacteriemia relacionada con el catéter.

quirúrgico, el uso de bata y guantes estériles, uso de mascarilla y gorro quirúrgicos y la delimitación del campo de inserción mediante tallas estériles. El punto de inserción del catéter se protege con una gasa estéril impregnada con pomada de clorhexidina fijada con cinta adhesiva transparente (el primer apósito se cambia en las primeras 24 h). Las conexiones se protegen con una gasa estéril impregnada en pomada de clorhexidina. El cambio de apósitos del punto de inserción se hace cada 72 h o siempre que se necesite por un deterioro de éstos. La piel del punto de inserción se lava con agua y jabón de clorhexidina y se vuelve a proteger con una gasa impregnada en pomada de clorhexidina. Antes de manipular las conexiones se desinfectan con alcohol de clorhexidina y posteriormente se vuelven a proteger con una gasa impregnada en pomada de clorhexidina. El cambio de equipos, llaves y alargaderas se realizará cada 72 h. En el registro diario de enfermería se registra la fecha y la localización de la inserción del catéter, la evolución del punto de inserción (eritema, edema, supuración, etc.), fecha de cambio de apósito y equipos. En la sesión clínica diaria se evalúa sistemáticamente la necesidad de cada catéter insertado y se valora su retirada o recambio.

Tabla 3
Evolución de la incidencia de la bacteriemia relacionada con el catéter

	2000	2001	2002	2003	2004
Episodios de BRC	50	20	12	13	10
Días de catéter vascular (incluido el arterial)	3.760	3.922	3.364	3.423	3.113
Tasa de BRC por 1.000 días de catéter	13,3	5,1	3,57	3,79	3,21

BRC: bacteriemia relacionada con el catéter.

Se usó un sistema de conexión desinfectable (SmartSite[®], Alaris Medical System, San Diego, California, EE. UU.) desde el 1 de abril del año 2002 al 31 de diciembre del año 2003, de acuerdo con un estudio aleatorizado²⁵ aprobado por el Comité de Ensayos e Investigación Clínica de este centro. Se usaron catéteres impregnados en iones de plata Oligon Vantex[®] (Edwards Lifesciences Irvine, California, EE.UU.) desde el 1 de abril del año 2002 al 30 de abril del año 2004 según el criterio clínico del médico encargado de cada paciente.

Un equipo compuesto por una enfermera y 2 médicos supervisó la aplicación del protocolo y realizaron la vigilancia de las tasas de infección según el modelo ENVIN-UCI.

Definiciones

La BRC se definió²⁶ como aquella bacteriemia o funguemia en la que se aisló el mismo microorganismo en uno o más hemocultivos (preferentemente extraído de vena periférica) y en el cultivo semicuantitativo de la punta del catéter en un paciente con un cuadro clínico de sepsis y sin otro foco aparente de infección. Se consideró positiva la presencia de ≥ 15 CFU (*colony-forming units* 'unidades formadoras de colonias') en el cultivo semicuantitativo de la punta del catéter. Para gérmenes habitualmente contaminantes de la piel se exigieron 2 hemocultivos positivos.

Análisis estadístico

La significación de las diferencias halladas en los diferentes períodos se determinó mediante el uso del test de ANOVA para las variables continuas y del test de la χ^2 para las variables categóricas. Se calculó en cada período la densidad de incidencia de la BRC (episodios de bacteriemia por 1.000 días de CVC y de CA) y se estimó la *odds ratio* (OR) y su intervalo de confianza (IC) del 95% entre el primero de los períodos y el último para poder hacer una valoración global de la intervención. Para todos los cálculos se usó el paquete estadístico SPSS 11.0[®].

Tabla 4
Microbiología de los episodios de la bacteriemia relacionada con el catéter

	2000 (n = 50)	2001 (n = 20)	2002 (n = 12)	2003 (n = 13)	2004 (n = 10)
<i>Staphylococcus coagulasa</i> negativo	19	9	5	5	4
<i>Acinetobacter baumannii</i>	8	4	1	2	1
<i>Staphylococcus aureus</i>	6	1	0	0	
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	4	4	3	3	3
<i>Serratia marcescens</i>	4	0	0	0	0
<i>Enterobacter</i> spp.	2	0	2	2	2
<i>Enterococcus faecalis</i>	1	0	1	0	0
<i>Klebsiella pneumoniae</i>	1	1	0	1	0
Otros	4	1	0	0	0
<i>Candida albicans</i>	1		0	0	0

n: episodios.

Resultados

Durante los meses de mayo y junio del período 2000 a 2004 se admitió un total de 923 pacientes en las UCI (tabla 1). No se encontraron diferencias estadísticamente significativas en los diferentes años en términos de sexo, edad, días de estancia en la UCI, mortalidad, enfermedad de base y SAPS II.

En el período de estudio del año 2000 se detectaron (tabla 3) 50 casos de BRC, mientras que en el último período analizado, el año 2004, se detectaron 10 casos de BRC. Estos datos suponen unas tasas de BRC de 13,3 episodios por 1.000 días de catéter en el año 2000 y de 3,21 en el año 2004 (OR de 3,53; IC del 95%: 2,36 a 5,31) (tabla 3). Se observa además una tendencia a la disminución de las tasas de BRC en los diferentes períodos bimensuales de cada año (tabla 3). El microorganismo que más frecuentemente se aisló en todos los períodos fue el *Staphylococcus coagulasa* negativo seguido de *Acinetobacter baumannii* que tuvo un peso específico considerable en el año 2000 (tabla 4).

Discusión

En el año 2000 en las UCI de este centro se detectaron unas tasas de BRC superiores a los 13 episodios por 1.000 días de catéter. Estas tasas son muy elevadas en relación con los datos de las UCI similares que publica el ENVIN. Esto motivó una exhaustiva revisión de las recomendaciones para la prevención de la BRC publicadas por el CDC de EE. UU.

Hay fundamentos para afirmar que los sistemas de vigilancia son métodos eficaces para el control de las infecciones nosocomiales como ya se mostró a partir de los resultados del Study of the Efficacy of Nosocomial Infection Control²⁷. En este centro se recogen sistemáticamente los datos de infección nosocomial en la UCI siguiendo el modelo ENVIN-UCI desde el año 2000.

Los gérmenes más aislados en el año 2000 (*Staphylococcus coagulasa* negativo y *A. baumannii*) indican un mantenimiento deficiente de los catéteres intravasculares (gérmenes que se encuentran en las superficies cutaneomucosas) y una probable alta incidencia de transmisión cruzada entre pacientes en el caso de *A. baumannii* (germen emergente y contaminante de piel y mucosas en los pacientes de larga estancia hospitalaria y con gran presión antibiótica).

Este estudio refuerza el concepto de que un programa educacional para la inserción y manipulación de los catéteres intravasculares puede disminuir la incidencia de la BRC de forma significativa. Los programas de formación y entrenamiento de los profesionales sanitarios son estrategias que se citan frecuentemente en las recomendaciones o conferencias de consenso para la prevención de la infección nosocomial. Uno de los problemas que es importante considerar en el momento de aplicar programas formativos es la adherencia a éstos por parte del personal. En este

sentido se recomienda la realización de periódicas puestas al día de todos los programas y protocolos relacionados con el control de la BRC y de las infecciones nosocomiales en general.

Hay limitaciones en este estudio. En primer lugar, la monitorización de las tasas de infección se ha realizado en períodos discontinuos. Esto puede causar que tengan variables que no hayan sido controladas, como los cambios de personal en los equipos asistenciales, o variaciones en la distribución de los pacientes en cuanto a la enfermedad de base y el motivo de ingreso en la UCI. Otra importante limitación es que no se evaluó correctamente la asociación con otras infecciones nosocomiales, como la neumonía asociada a ventilación mecánica, ni la influencia que pudo haber tenido el uso de los antibióticos en los distintos períodos.

A pesar de estas limitaciones se ha constatado una importante reducción de las tasas de infección asociada al catéter intravascular en los diferentes períodos. Esta disminución está en consonancia con las cifras globales de la BRC que se reportaron en la totalidad de los hospitales que siguen el programa ENVIN-UCI en el año 2004 que fue de 4,7 episodios por 1.000 días de catéter.

Al parecer, estos resultados pueden aplicarse a otras UCI ya que no se ha hecho una selección específica de los pacientes, se ha hecho un seguimiento por períodos según el programa nacional ENVIN-UCI que actualmente se sigue de manera habitual en las UCI polivalentes de este centro. Es, por tanto, un estudio basado eminentemente en la práctica clínica.

No se hizo un análisis específico de costos, pero otros estudios¹⁴ mostraron importantes reducciones de los costos atribuibles a este tipo de infecciones.

Como se ha comentado, varias son las estrategias que se han descrito para la profilaxis de la BRC^{28,29}, entre las que destacan el uso de conexiones desinfectables, catéteres impregnados en sustancias antisépticas o antibióticos (rifampicina, minociclina, clorhexidina, sulfadiacina argéntica o iones de plata). Todas estas estrategias son caras y ninguna ha demostrado por el momento ser más eficaz que la aplicación correcta de programas educacionales para la prevención de la infección.

En conclusión, la promoción del conocimiento sobre la prevención de las infecciones relacionadas con los catéteres intravasculares es una intervención efectiva. Todos los hospitales deberían considerar estas medidas antes de plantear el uso de estrategias más novedosas que se están describiendo recientemente.

Bibliografía

1. Maki DG, Mermel LA. Infections due to infusion therapy. En: Bennett JV, Brachman PS, editors. Hospital infections. 4 ed. Philadelphia: Lippincott-Rave Press; 1998. p. 689-724.
2. Mermel LA. Prevention of intravascular catheter related infections. *Ann Intern Med.* 2000;132:391-402.
3. Raad I. Intravascular-catheter-related infections. *Ann Intern Med.* 1998;351: 893-8.

4. Dimick JB, Pelz RK, Conunji R, Swoboda SM, Hendrix CW, Lipset PA. Increased resource use associated with catheter-related bloodstream infection in the surgical intensive care unit. *Arch Surg.* 2001;136:229–34.
5. Vallés J. Bacteriemias en cuidados intensivos. *Enferm Infecc Microbiol Clin.* 1997;15:8–13.
6. Soufir L, Timsit JF, Mahe C, Carlet J, Regnier B, Chevret S. Attributable morbidity and mortality of catheter-related septicemia in critically ill patients: A matched, risk-adjusted, cohort study. *Infect Control Hosp Epidemiol.* 1999;20:396–401.
7. Arnow PM, Quimosing EM, Beach M. Consequences of intravascular catheter sepsis. *Clin Infect Dis.* 1993;16:778–84.
8. Pittet D, Tarara D, Wenzel R. Nosocomial bloodstream infection in critically ill patients: Excess length of stay, extra costs, and attributable mortality. *JAMA.* 1994;271:1598–601.
9. Rello J, Ochagavía A, Sabanes E, Roque M, Mariscal D, Reynaga E, et al. Evaluation of outcome of intravenous catheter-related infections in critically ill patients. *Am J Respir Crit Care Med.* 2000;162:1027–30.
10. Peña C, Pujol M, Pallarés R, Corbella X, Vidal T, Tortras N, et al. Estimación del coste atribuible a la infección nosocomial: prolongación de la estancia hospitalaria y cálculo de los costes alternativos. *Med Clin (Barc).* 1996;106:441–4.
11. Blot SI, Depuydt P, Annemans L, Benoit D, Hoste E, De Waele JJ, et al. Clinical and economic outcomes in critically ill patients with nosocomial catheter-related bloodstream infections. *Clin Infect Dis.* 2005;41:1591–8.
12. National Nosocomial Infections Surveillance (NNIS) system report, data summary from January 1992 through June 2004, issued October 2004. *Am J Infect Control.* 2004;32:470–85.
13. 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.
14. Sherertz RJ, Ely EW, Westbrook DM, Gledhill KS, Streed SA, Kiger B, et al. Education of physicians-in-training can decrease the risk for vascular catheter infection. *Ann Intern Med.* 2000;132:641–8.
15. Coopersmith CM, Rebmann TL, Zack JE, Ward MR, Corcoran RM, Schallom ME, 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.
16. Warren DK, Zack JE, Mayfield JL, Chen A, Prentice D, Fraser VJ, 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.
17. Lobo RD, Levin AS, Gomes LM, Cursino R, Park M, Figueiredo VB, 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.
18. Pronovost P, Needhan D, Berenholtz S, Sinopoli D, Chu H, Cosgrove S, et al. An intervention to decrease catheter-related bloodstream infections in the ICU. *N Engl J Med.* 2006;355:2725–32.
19. Elliott T. Intravascular catheter-related sepsis—novel methods of prevention. *Intensive Care Med.* 2000;26:S45–50.
20. 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.
21. Darouiche RO, Raad II, Heard SO, Thornby JL, Wenker OC, Gabrielli A, et al. Comparison of two antimicrobial-impregnated central venous catheters. Catheter Study Group. *N Engl J Med.* 1999;340:1–8.
22. Jansen B, Rinck M, Wolbring P, Strohmeier A, Jahns T. In vitro evaluation of the antimicrobial efficacy and biocompatibility of a silver-coated central venous catheter. *J Biomater Appl.* 1994;9:55–70.
23. Segura M, Álvarez-Lerma F, Tellado JM, Jiménez-Ferreres J, Oms L, Rello J, et al. Advances in surgical technique: A clinical trial on the prevention of catheter-related sepsis using a new hub model. *Ann Surg.* 1996;223:363–9.
24. O'Grady NP, Alexander M, Dellinger EP, Gerberding JL, Heard SO, Maki DG, et al. Guidelines for the prevention of intravascular catheter-related infections. *Am J Infect Control.* 2002;30:476–89.
25. Esteve F, Pujol M, Limon E, Saballs M, Argerich MJ, Verdaguer R, et al. Bloodstream infection related to catheter connections: A prospective trial of two connection systems. *J Hosp Infect.* 2007;67:30–4.
26. Pearson ML. Guideline for prevention of intravascular device-related infections. Part I. Intravascular device-related infections: An overview. The Hospital Infection Control Practices Advisory Committee. *Am J Infect Control.* 1996;24:262–77.
27. Haley RW, Culver DH, White JW, Morgan WM, Emori TG, Munn VP, et al. The efficacy of infection surveillance and control programs in preventing nosocomial infections in US hospitals. *Am J Epidemiol.* 1985;121:182–205.
28. Crnich CJ, Maki DG. The promise of novel technology for the prevention of intravascular device-related bloodstream infection. II. Long-term devices. *Clin Infect Dis.* 2002;34:1362–8.
29. Raad II, Hanna HA. Intravascular catheter-related infections: New horizons and recent advances. *Arch Intern Med.* 2002;162:871–8.