

## TINJAUAN PUSTAKA

**Peran Ultrasound Guided Vascular Access (UGVA) dalam Menurunkan Risiko Komplikasi Central Line-associated Bloodstream Site Infection (CLaBSI)****Akhmad Yun Jufan<sup>1\*</sup>**<sup>1</sup>*Departemen Anestesiologi dan Terapi Intensif, Fakultas Kedokteran, Kesehatan Masyarakat, dan Keperawatan, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia***\*Corresponden author** : jufan@ugm.ac.id**ABSTRAK**

Central Line-associated Bloodstream Infection (CLaBSI) merupakan komplikasi infeksi yang terjadi ketika kuman masuk ke dalam aliran darah melalui kateter vena sentral. CLaBSI didiagnosis oleh dokter melalui hasil kultur resistensi dari darah dan ujung kateter vena sentral. Infeksi yang terkait dengan kateter vena sentral seperti CLaBSI dapat menyebabkan komplikasi serius termasuk sepsis, syok septik, dan kematian. Untuk mengurangi angka kejadian CLaBSI, beberapa pencegahan dapat dilakukan saat pemasangan kateter vena sentral, salah satunya adalah menggunakan teknik Ultrasound Guided Vascular Access (UGVA). Artikel ini bertujuan untuk membandingkan efektivitas dan keamanan penggunaan metode Ultrasound Guided Vascular Access (UGVA) dengan metode landmark terhadap kejadian Central Line-associated Bloodstream Infection (CLaBSI). Metode penulisan yang digunakan adalah studi literatur dengan kata kunci CLaBSI, USG guided, dan central line catheter. Hasil menunjukkan bahwa penggunaan UGVA dapat mengurangi angka kejadian CLaBSI hingga menjadi dua kali lebih rendah dibandingkan dengan teknik landmark.

**Kata kunci:** CLaBSI, USG guided, central line catheters**ABSTRACT**

Central Line-associated Bloodstream Infection (CLaBSI) is a complication of infection that occurs when bacteria enter the bloodstream through a central venous catheter. CLaBSI is diagnosed by doctors through blood culture results and from the tip of the central venous catheter. Infections related to central venous catheters such as CLaBSI can lead to serious complications including sepsis, septic shock, and death. To reduce the incidence of CLaBSI, several prevention can be taken during central venous catheter insertion, one of which is using Ultrasound-Guided Vascular Access (UGVA) technique. This article aims to compare the effectiveness and safety of using the Ultrasound-Guided Vascular Access (UGVA) method with the landmark method in preventing Central Line-associated Bloodstream Infection (CLaBSI). The writing method used is literature review with keywords CLaBSI, USG guided, and central line catheter. The results show that the use of UGVA can reduce the incidence of CLaBSI to be two times lower compared to the landmark technique.

**Keywords:** CLaBSI, USG guided, central line catheters

**Article Citation** : Akhmad Yun Jufan. Peran Ultrasound Guided Vascular Access (UGVA) dalam Menurunkan Risiko Komplikasi Central Line-associated Bloodstream Site Infection (CLaBSI). Jurnal Komplikasi Anestesi 11(2)-2024.

## Pendahuluan

Kateter vena sentral adalah sebuah alat yang dimasukkan ke dalam pembuluh darah besar di leher, dada, pangkal paha, atau lengan untuk pemberian cairan, darah, obat-obatan, atau uji diagnostik. Berbeda dengan infus perifer yang hanya dapat digunakan untuk infus sementara, kateter vena sentral dapat tetap terpasang selama berbulan-bulan (McGee & Gould, 2003). Meskipun penting untuk terapi intravena, penggunaan kateter vena sentral berisiko komplikasi seperti komplikasi mekanis, trombosis vena dalam, dan infeksi (misalnya CLaBSI). Central Line-associated Blood Stream Infection (CLaBSI) terjadi ketika patogen memasuki aliran darah melalui kateter vena sentral (Pronovost et al., 2006). Pemasangan kateter vena sentral menggunakan panduan ultrasonografi (UGVA) dapat meningkatkan keamanan dan kualitas pelayanan dibandingkan dengan metode landmark. Namun dampak penggunaan UGVA terhadap risiko infeksi masih menjadi perdebatan, dan sebagian besar penelitian hanya berfokus pada komplikasi selain infeksi. Artikel ini bertujuan untuk membandingkan efektivitas dan keamanan penggunaan metode Ultrasound Guided Vascular Access (UGVA) dengan metode landmark terhadap kejadian Central Line-associated Bloodstream Infection (CLaBSI).

## Tinjauan Pustaka

### 1. Definisi Central Line-associated Bloodstream Infection

CLaBSI atau Central Line-associated Bloodstream Infection merupakan infeksi yang terjadi ketika kuman masuk ke dalam aliran darah melalui kateter vena sentral. Kateter vena sentral adalah kateter yang dimasukkan ke dalam pembuluh darah besar, seperti pembuluh darah di leher, dada, atau pangkal paha, untuk memberikan cairan intravena, obat-obatan, atau

terapi lainnya. Infeksi ini biasanya terjadi dalam waktu 48 jam setelah pemasangan kateter dalam jangka waktu yang lebih lama setelahnya. Kriteria diagnosis CLaBSI adalah: infeksi harus berkembang pada pasien yang memiliki kateter vena sentral terpasang, dan infeksi ini tidak boleh terkait dengan infeksi di tempat lain dalam tubuh (sebagai infeksi primer). CLaBSI didiagnosis oleh dokter melalui hasil kultur resistensi dari darah dan ujung kateter vena sentral. Infeksi yang terkait dengan kateter vena sentral seperti CLaBSI dapat menyebabkan komplikasi serius, termasuk sepsis, syok septik, dan kematian (Aloush & Alsaraireh, 2018; Hallam et al., 2018).

### 2. Definisi Ultrasound Guided Vascular Access (UGVA)

Ultrasound Guided Vascular Access (UGVA) adalah teknik yang digunakan untuk memandu pemasangan kateter vaskular dengan bantuan ultrasonografi. Prosedur UGVA biasanya dimulai dengan penempatan probe ultrasonografi pada area di tempat kateter akan dimasukkan. Kemudian gambaran ultrasonografi pembuluh darah yang diinginkan dan posisi jarum yang digunakan untuk memasang kateter diproyeksikan pada layar monitor. Dokter kemudian memandu kateter ke pembuluh darah yang ditargetkan dengan memonitor gambar ultrasonografi secara langsung, memastikan bahwa kateter dimasukkan dengan akurat dan tepat di tempat yang diinginkan. Keunggulan utama dari penggunaan UGVA adalah kemampuannya untuk meningkatkan akurasi dan keamanan pemasangan kateter vaskular. Risiko komplikasi dalam memasang kateter dapat diminimalkan dengan visualisasi langsung pembuluh darah, mengurangi kemungkinan risiko perforasi pembuluh darah, perdarahan, atau kerusakan pada struktur di sekitarnya (Lausten-Thomsen et al., 2017; Piroette & Veyckemans, 2007).

### 3. Prevalensi Central Line associated Bloodstream Infection

Menurut survei prevalensi Infeksi yang terkait dengan Health Care-associated Infection (HAIs) di Amerika pada tahun 2011 yang dirilis oleh Central for Disease Control and Prevention (CDC) diperkirakan terdapat sekitar 722.000 kejadian HAIs, dengan 75.000 pasien yang mengalami HAIs meninggal selama perawatan di rumah sakit. Dari jumlah tersebut, sekitar 71.900 kasus HAIs disebabkan oleh CLaBSI. Selama periode 2008 hingga 2014, sekitar 30% dari kejadian CLaBSI terjadi di unit perawatan intensif dan beberapa bangsal perawatan di Amerika Serikat. Sebagai perbandingan, studi yang dilakukan oleh Helder, Brug, Looman, Van Goudoever, dan Kornelisse dalam jurnal yang dikutip oleh Hartman et. Al., pada tahun 2014, menunjukkan bahwa insiden CLaBSI di Unit Perawatan Intensif Neonatal (NICU) dari berbagai rumah sakit di seluruh dunia berkisar antara 11% hingga 53% (Hartman et al., 2016). Di Indonesia, tingkat kejadian CLaBSI adalah sebesar 9,57 per 1000 hari pemasangan akses vena sentral, dengan mikroorganisme penyebab yang paling umum adalah *Staphylococcus aureus* (60%), *Pseudomonas aeruginosa* (20%), dan *Klebsiella pneumoniae* (20%). Dari semua infeksi yang berhubungan dengan perawatan kesehatan, CLaBSI dikaitkan dengan beban biaya yang tinggi, mencapai sekitar \$46.000 per kasus. CLaBSI menyebabkan rawat inap di rumah sakit yang berkepanjangan dan meningkatkan biaya perawatan kesehatan dan kematian (Ardiansyah & Wijayanti, 2020).

### 4. Patogenesis Central Line associated Bloodstream Infection

Penggunaan kateter sentral terbagi menjadi dua jenis: (1) Kateter terowongan (tunneled catheters) yang ditanam Dokter Bedah ke dalam vena jugularis interna, subklavia, atau femoral untuk penggunaan jangka panjang

seperti kemoterapi atau hemodialisis, dan (2) Kateter non-terowongan (non-tunneled catheters), yang lebih sering digunakan. Dua jenis kateter ini adalah kateter sementara yang dimasukkan ke dalam vena sentral secara langsung dan sering menyebabkan infeksi. Dalam waktu 7 hingga 10 hari setelah pemasangan kateter, bakteri di kulit bermigrasi sepanjang kateter dari permukaan kulit menuju ke dalam pembuluh darah. Biasanya, tunneled catheters memiliki manset yang membuat lapisan keras di sekitarnya. Manset ini dapat mencegah bakteri masuk. Tanpa terowongan, non-tunneled catheters lebih berisiko terkena infeksi. Infeksi yang terjadi setelah sepuluh hari biasanya disebabkan oleh kontaminasi di sepanjang kateter, seringkali karena tangan operator yang terkontaminasi. Kateter femoral memiliki risiko tertinggi untuk infeksi, diikuti oleh kateter jugularis interna dan subklavia. Selain itu, jenis kateter, cara pemasangan (darurat atau tidak, tindakan pencegahan yang digunakan), perawatan kateter, dan keterampilan operator juga memengaruhi risiko CLaBSI (Lissauer et al., 2012).

Ketika terindikasi terjadi CLaBSI, pengobatan empiris harus berdasarkan pada organisme yang paling mungkin, faktor-faktor pasien, dan gambaran klinis secara keseluruhan. Pengobatan empiris harus segera dimulai sambil menunggu hasil kultur. Secara umum pemberian antibiotik spektrum luas untuk bakteri gram-positif dan gram-negatif umum diperlukan. Perlu dipertimbangkan prevalensi lokal dan pola kuman di institusi setempat. Saat hasil kultur dan sensitivitas antimikroba sudah tersedia, disarankan untuk memberikan pengobatan menjadi yang lebih spesifik dan sesuai. Jika kultur darah tidak menunjukkan pertumbuhan bakteri, perlu dilakukan evaluasi lebih lanjut tentang pemberian antibiotik empiris. Misalnya, jika demam atau sepsis yang tidak dapat dijelaskan

tetap berlanjut pada pasien dengan kateter vena sentral atau kateter arteri jangka pendek dan kultur darah dari kateter dan vena perifer tidak dapat mengidentifikasi CLaBSI, maka kateter harus dilepas dan bagian ujungnya dikirim untuk kultur (Haddadin et al., 2022).

Untuk mengurangi angka kejadian CLaBSI, beberapa pencegahan dapat dilakukan saat pemasangan vena sentral, salah satunya adalah menggunakan Ultrasound guided Vascular Access (UGVA). USG yang dilakukan oleh operator yang berpengalaman bertujuan untuk menghindari komplikasi mekanis dan mengurangi jumlah percobaan penusukan. Sebuah penelitian prospektif yang membandingkan pemasangan akses sentral dengan long axis, short axis dan landmark dengan USG menunjukkan angka kejadian CLaBSI sebesar 20% pada kelompok landmark dan 10% pada kelompok USG (Buetti et al., 2022). Studi acak lain yang membandingkan penggunaan USG dengan teknik landmark (10%) untuk pemasangan kateter vena sentral jugularis menunjukkan angka CLaBSI yang jauh lebih rendah dengan penggunaan USG (2%) (Hartman et al., 2016).

#### 5. Dasar-dasar Ultrasound Guided Vascular Acces (UGVA)

Ada beberapa panduan umum untuk Ultrasound Guided Vascular Acces (UGVA) di US: tidak langsung (indirect), langsung (direct) atau real-time, mekanis, dan free hand. Pemilihan di antara pendekatan ini terutama tergantung pada lokasi pembuluh darah yang akan diakses dan karakteristik khusus operator, pasien, dan peralatan yang tersedia. Selain itu, visualisasi pembuluh darah dapat diperoleh dengan dua cara yang berbeda: cara long axis atau short axis.

##### a. Metode Tidak Langsung (Indirect)

Dalam pendekatan ini, ultrasonografi digunakan hanya untuk mengidentifikasi pembuluh darah dan kemudian memusatkan

gambarnya pada layar ultrasound. Selanjutnya tanda sementara ditempatkan di kulit yang sesuai dengan posisi pembuluh darah di subkutan. Tanda ini digunakan sebagai lokasi tusukan setelah ultrasonografi mengidentifikasi lokasi, dimensi, dan kedalaman pembuluh darah target di bawah kulit. Cara paling mudah untuk membuat tanda ini dengan akurat adalah dengan mengidentifikasi titik di mana pusat transduser bertumpu pada permukaan kulit tepat di atas pusat pembuluh darah. Teknik ini sering digunakan untuk penyuntikan pembuluh darah yang lebih besar (Nemcek, 1996).



Gambar1. Lokasi vena Jugularis Interna di subkutan teridentifikasi menggunakan USG pada permukaan kulit.

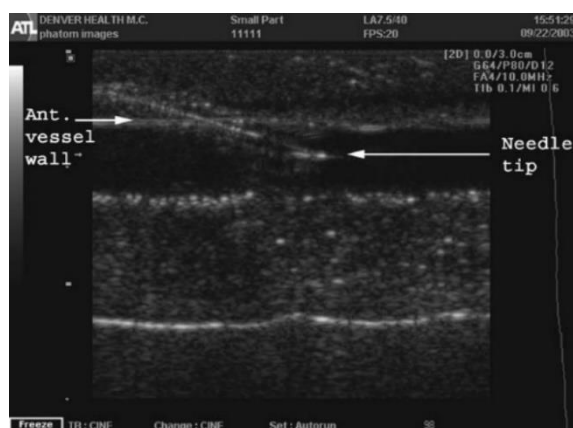
##### b. Real-time Visualization

Dengan teknik ini, selongsong steril yang ujungnya diisi dengan gel transmisi di-unroll di atas transduser (gambar 2) berdasarkan teknik aseptik. Transduser kemudian ditempatkan di atas kulit dan pembuluh darah target diidentifikasi dan dipusatkan pada layar monitor. Anestesi lokal disuntikkan di titik yang sesuai dengan tengah transduser USG (Abboud & Kendall, 2004). Setelah onset anestesi tercapai, jarum kanulasi ditusukkan ke dalam kulit. Setelah kulit tertusuk, operator dapat beralih fokus visual ke layar monitor untuk melihat jarum akan muncul secara sonografis sebagai garis ekogenik dengan artefak ring-down. Pergerakan jarum kemudian dipandu dengan melihat perkembangannya di layar monitor. Ketika jarum terlihat menembus dinding depan pembuluh

darah (gambar 3) dan darah mengalir ke dalam jarum, alat ultrasonografi diletakkan di samping dan prosedur dilanjutkan seperti biasa (Nadig et al., 1998).



Gambar 2. Transduser dengan penutup selongsong steril



Gambar 3. Gambaran ultrasonografi ketika jarum menembus dinding anterior pembuluh darah

#### c. Mechanical Guides

Panduan mekanis adalah alat tambahan untuk transduser USG yang mengontrol kedalaman, sudut, dan lintasan jarum selama penyuntikan (Gambar 4). Selain untuk penyuntikan vena, panduan mekanis digunakan untuk banyak prosedur invasif lain yang dipandu USG, termasuk amniocentesis, pengambilan folikel, cordocentesis, biopsi, dan aspirasi cairan (Hatada et al., 1999). Penyuntikan jarum melalui jalur yang ditentukan memastikan lintasan jarum yang dapat diprediksi dan seragam relatif terhadap transduser. Penggunaan panduan mekanis memiliki beberapa kekurangan yang mencolok. Panduan ini memerlukan investasi dalam peralatan tambahan yang membuat

transduser menjadi lebih besar dan linear. Panduan mekanis membatasi sudut jarum dan titik masuk kulit (Kirsch et al., 1995).



Gambar 4. Transduser US dengan alat tambahan.

#### d. Teknik Free-hand

Dalam panduan ini, transduser dan jarum yang sedang dimasukkan ditempatkan dan distabilkan dengan tangan operator atau asisten (Gambar 5). Penyesuaian halus terus-menerus dapat dilakukan dalam arah jarum dan dalam pandangan transduser. Meskipun umumnya dianggap sebagai prosedur yang lebih menuntut secara teknis, pendekatan ini memberikan lebih banyak fleksibilitas bagi operator (Matalon & Silver, 1990).



Gambar 5. Teknik Free-hand

#### 6. Perbandingan Ultrasound Guided Vascular Access (UGVA) dengan metode landmark

Sebuah penelitian terkontrol secara acak yang membandingkan pendekatan berbasis USG dengan metode konvensional berbasis landmark

untuk kanulasi vena subklavia menemukan bahwa penggunaan USG memiliki tingkat keberhasilan yang lebih tinggi (92% vs 44%), lebih sedikit komplikasi (1 vs 11), lebih sedikit percobaan (1.4 vs 2.5) dan lebih sedikit alat kateter yang digunakan (1.0 vs 1.4) per kanulasi (Gualtieri et al., 1995). Waktu rata-rata untuk mendapatkan akses dan jumlah rata-rata upaya penyisipan (1,1 vs 1,9) berkurang secara signifikan (Bouaziz et al., 2015). Beberapa penelitian telah menunjukkan bahwa penggunaan USG vs landmark untuk insersi PICC memiliki tingkat keberhasilan prosedural yang lebih tinggi, tingkat komplikasi yang lebih rendah, dan total biaya penempatan yang lebih rendah. Sebuah laporan observasional prospektif terhadap 350 pemasangan PICC dengan menggunakan USG melaporkan tingkat keberhasilan 99% dengan rata-rata 1,2 tusukan per pemasangan dan total biaya yang lebih rendah (Sofoclaous et al., 1998). Sebuah penelitian observasional retrospektif terhadap 500 pemasangan PICC menggunakan USG menunjukkan tingkat keberhasilan keseluruhan sebesar 95%, tidak ada bukti adanya flebitis, dan hanya satu kejadian CLaBSI di antara kateter yang dilepas (Nichols & Humphrey, 2008).

Penelitian yang dilakukan oleh Shiver et al mengacak 60 pasien yang dirawat di Unit Gawat Darurat tersier untuk melakukan palpasi atau kanulasi arteri yang dipandu dengan ultrasound. Mereka menunjukkan tingkat keberhasilan firstpass sebesar 87% pada kelompok ultrasound dibandingkan dengan 50% pada kelompok teknik landmark. Dalam studi yang sama, penggunaan ultrasound juga dikaitkan dengan berkurangnya waktu yang dibutuhkan untuk memasang akses arteri dan penurunan 43% dalam munculnya hematoma di lokasi penusukan (Shiver et al., 2006). Penelitian oleh Levin et al menunjukkan tingkat keberhasilan pertama kali sebesar 62% dengan

menggunakan USG dibandingkan 34% dengan teknik palpasi saja pada 69 pasien yang memerlukan pemantauan hemodinamik invasif intraoperatif (Levin et al., 2003).

### Kesimpulan

CLaBSI (Central Line-Associated Bloodstream Infection) adalah infeksi yang terjadi ketika bakteri memasuki aliran darah melalui kateter vena sentral. Ketika terjadi CLaBSI, pengobatan empiris harus segera dimulai berdasarkan pada organisme yang paling mungkin, faktor-faktor pasien, dan gambaran klinis. Pencegahan infeksi CLaBSI salah satunya dapat dilakukan dengan menggunakan teknik Ultrasound Guided Vascular Access (UGVA) saat pemasangan akses sentral, yang telah terbukti mengurangi angka kejadian infeksi. Studi menunjukkan bahwa penggunaan USG dapat mengurangi angka kejadian CLaBSI hingga menjadi dua kali lebih rendah dibandingkan dengan teknik konvensional berbasis landmark. Oleh karena itu, penggunaan USG saat pemasangan akses sentral dapat menjadi salah satu strategi efektif dalam upaya untuk mengurangi angka kejadian infeksi CLaBSI.

### Referensi

1. Abboud, P. A. C., & Kendall, J. L. (2004). Ultrasound guidance for vascular access. In *Emergency Medicine Clinics of North America* (Vol. 22, Issue 3). <https://doi.org/10.1016/j.emc.2004.04.003>
2. Aloush, S. M., & Alsarairh, F. A. (2018). Nurses' compliance with central line associated blood stream infection prevention guidelines: Observational study. *Saudi Medical Journal*, 39(3). <https://doi.org/10.15537/smj.2018.3.21497>
3. Ardiansyah, D., & Wijayanti, R. (2020). Faktor Risiko Ekstrinsik Yang Berhubungan Dengan Kejadian Central Line Associated

- Blood Stream Infection (CLABSI) Di Neonatal Intensive Care Unit (NICU) (Vol. 2, Issue 1).
4. Bouaziz, H., Zetlaoui, P. J., Pierre, S., Desruennes, E., Fritsch, N., Jochum, D., Lapostolle, F., Pirotte, T., & Villiers, S. (2015). Guidelines on the use of ultrasound guidance for vascular access. *Anaesthesia Critical Care and Pain Medicine*, 34(1). <https://doi.org/10.1016/j.accpm.2015.01.004>
  5. Buetti, N., Marschall, J., Drees, M., Fakih, M. G., Hadaway, L., Maragakis, L. L., Monsees, E., Novosad, S., O'Grady, N. P., Rupp, M. E., Wolf, J., Yokoe, D., & Mermel, L. A. (2022). Strategies to prevent central line-associated bloodstream infections in acute-care hospitals: 2022 Update. *Infection Control and Hospital Epidemiology*, 43(5). <https://doi.org/10.1017/ice.2022.87>
  6. Gualtieri, E., Deppe, S. A., Sipperly, M. E., & Thompson, D. R. (1995). Subclavian venous catheterization: Greater success rate for less experienced operators using ultrasound guidance. *Critical Care Medicine*, 23(4). <https://doi.org/10.1097/00003246-199504000-00018>
  7. Haddadin, Y., Annamaraju, P., & Regunath, H. (2022). Central Line Associated Blood Stream Infections Continuing Education Activity. StatPearls Publishing, January 2006.
  8. Hallam, C., Jackson, T., Rajgopal, A., & Russell, B. (2018). Establishing catheter-related bloodstream infection surveillance to drive improvement. *Journal of Infection Prevention*, 19(4). <https://doi.org/10.1177/1757177418767759>
  9. Hartman, N., Wittler, M., Askew, K., & Manthey, D. (2016). Delphi Method Validation of a Procedural Performance Checklist for Insertion of an Ultrasound-Guided Internal Jugular Central Line. *American Journal of Medical Quality*, 31(1). <https://doi.org/10.1177/1062860614549762>
  10. Hatada, T., Ishii, H., Ichii, S., Okada, K., & Yamamura, T. (1999). Ultrasound-guided fine-needle aspiration biopsy for breast tumors: Needle guide versus freehand technique. *Tumori*, 85(1). <https://doi.org/10.1177/030089169908500103>
  11. Kirsch, C. M., Kroe, D. M., Jensen, W. A., Kagawa, F. T., Wehner, J. H., & Campagna, A. C. (1995). A modified Abrams needle biopsy technique. *Chest*, 108(4). <https://doi.org/10.1378/chest.108.4.982>
  12. Lausten-Thomsen, U., Merchaoui, Z., Dubois, C., Eleni Dit Trolli, S., Le Saché, N., Mokhtari, M., & Tissières, P. (2017). Ultrasound-Guided Subclavian Vein Cannulation in Low Birth Weight Neonates. *Pediatric Critical Care Medicine*, 18(2). <https://doi.org/10.1097/PCC.0000000000001028>
  13. Levin, P. D., Sheinin, O., & Gozal, Y. (2003). Use of ultrasound guidance in the insertion of radial artery catheters. *Critical Care Medicine*, 31(2). <https://doi.org/10.1097/01.CCM.0000050452.17304.2F>
  14. Lissauer, M. E., Leekha, S., Preas, M. A., Thom, K. A., & Johnson, S. B. (2012). Risk factors for central line-associated bloodstream infections in the era of best practice. *Journal of Trauma and Acute Care Surgery*, 72(5). <https://doi.org/10.1097/TA.0b013e31824d1085>
  15. Matalon, T. A. S., & Silver, B. (1990). US guidance of interventional procedures. *Radiology*, 174(1). <https://doi.org/10.1148/radiology.176.1.2191368>
  16. McGee, D. C., & Gould, M. K. (2003).

- Preventing Complications of Central Venous Catheterization. *New England Journal of Medicine*, 348(12). <https://doi.org/10.1056/nejmrao11883>
17. Nadig, C., Leidig, M., Schmiedeke, T., & Höffken, B. (1998). The use of ultrasound for the placement of dialysis catheters. *Nephrology Dialysis Transplantation*, 13(4). <https://doi.org/10.1093/ndt/13.4.978>
18. Nemcek, A. A. (1996). The use of ultrasound as an adjunct to the performance of vascular procedures. *Journal of Vascular and Interventional Radiology*, 7(6). [https://doi.org/10.1016/S1051-0443\(96\)70865-5](https://doi.org/10.1016/S1051-0443(96)70865-5)
19. Nichols, I., & Humphrey, J. P. (2008). The efficacy of upper arm placement of peripherally inserted central catheters using bedside ultrasound and microintroducer technique. In *Journal of Infusion Nursing* (Vol. 31, Issue 3). <https://doi.org/10.1097/01.NAN.0000317703.66395.b8>
20. Pirotte, T., & Veyckemans, F. (2007). Ultrasound-guided subclavian vein cannulation in infants and children: A novel approach. *British Journal of Anaesthesia*, 98(4). <https://doi.org/10.1093/bja/aemo41>
21. Pronovost, P., Needham, D., Berenholtz, S., Sinopoli, D., Chu, H., Cosgrove, S., Sexton, B., Hyzy, R., Welsh, R., Roth, G., Bander, J., Kepros, J., & Goeschel, C. (2006). An Intervention to Decrease Catheter-Related Bloodstream Infections in the ICU. *New England Journal of Medicine*, 355(26). <https://doi.org/10.1056/nejmoa061115>
22. Shiver, S., Blaivas, M., & Lyon, M. (2006). A Prospective Comparison of Ultrasound-guided and Blindly Placed Radial Arterial Catheters. *Academic Emergency Medicine*, 13(12). <https://doi.org/10.1197/j.aem.2006.07.015>
23. Sofoclaous, C. T., Schur, I., Cooper, S. G., Quintas, J. C., Brody, L., & Shelin, R. (1998). Sonographically guided placement of peripherally inserted central venous catheters: Review of 355 procedures. *American Journal of Roentgenology*, 170(6). <https://doi.org/10.2214/ajr.17>



This work is licensed under a **Creative Commons Attribution-Non Commercial-Share Alike 4.0 International**