

Anaesthesist 2020 · 69:489–496
<https://doi.org/10.1007/s00101-020-00794-7>
 Eingegangen: 30. Dezember 2019
 Überarbeitet: 8. April 2020
 Angenommen: 21. April 2020
 Online publiziert: 14. Mai 2020
 © Der/die Autor(en) 2020



G. Zick¹ · C. Eimer¹ · J. Renner² · T. Becher¹ · M. Kott¹ · D. Schädler¹ · N. Weiler¹ · G. Elke¹

¹ Klinik für Anästhesiologie und Operative Intensivmedizin, Universitätsklinikum Schleswig-Holstein, Campus Kiel, Kiel, Deutschland

² Klinik für Anästhesiologie, Helios Kliniken Schwerin, Schwerin, Deutschland

Sonographische Visualisierung des Führungsdrahtes und Positionierung des zentralen Venenkatheters

Eine prospektive Beobachtungsstudie

Hinführung zum Thema

Nach Anlage eines zentralen Venenkatheters (ZVK) müssen prinzipiell die Katheterlage kontrolliert und ein Pneumothorax ausgeschlossen werden. Mittlerweile gibt es klare Empfehlungen für die Anwendung des Ultraschalls zur Gefäßpunktion, auch stellt dieser ein geeignetes Verfahren zum Ausschluss eines Pneumothorax dar. Die sonographische Darstellung des Führungsdrahts könnte die spätere korrekte Lage des ZVK vorhersagen und damit eine Thoraxröntgenaufnahme verzichtbar machen.

Hintergrund

Die sonographisch geführte ZVK-Anlage ist im klinischen Alltag zu einem Standardverfahren geworden und dient einerseits dem leichteren Auffinden der Gefäße und verringert andererseits das Auftreten von Komplikationen [6, 13]. Darüber hinaus stellt die Ultraschalldiagnostik ein geeignetes Verfahren zum Ausschluss punktionsbedingter Komplikationen wie Pneumo- oder Hämatothorax dar und ist z. T. der anterior-posterioren Thoraxröntgenaufnahme überlegen [11]. In einer Metaanalyse aus dem Jahr 2018 konnte gezeigt werden, dass die So-

nographie zum Ausschluss von Komplikationen nach durchschnittlich 2,83 min erfolgt war; bis zur Durchführung des Röntgenbildes vergingen durchschnittlich 34,7 min [20]. Die korrekte Lage eines ZVK ist anhand unterschiedlicher Kriterien definiert, wobei üblicherweise die Lage der Katheterspitze im unteren Drittel der V. cava superior als optimal angesehen wird [21].

Eine Lagekontrolle des ZVK kann prinzipiell über verschiedene Wege erfolgen [14]: Über Jahre hinweg hat sich die EKG(Elektrokardiogramm)-Ableitung über den Führungsdraht als Option angeboten, bei richtiger Lage des Drahtes kann im EKG eine überhöhte, spitze P-Welle abgeleitet werden. Allerdings gab es auch Studien, in denen gezeigt werden konnte, dass ein überhöhtes P-Wellen-Potenzial eine Drahtfehlage nicht sicher ausschließen kann [18]. Im klinischen Alltag wird nach wie vor im Anschluss an die ZVK-Anlage eine Thoraxröntgenaufnahme durchgeführt, um so die korrekte Lage des Katheters zu bestätigen und Komplikationen auszuschließen. Eine korrekte Lage wird dabei üblicherweise angenommen, wenn sich die Katheterspitze im Röntgenbild auf Höhe der Carina als vereinfachte Landmarke projiziert [19]. Darüber hinaus ist neben der Strahlenbelastung ein wesentlicher Nachteil der Thoraxröntgenaufnahme, dass die Lagekontrolle erst nach Ab-

schluss der Katheteranlage erfolgt und die Verifikation einer eindeutigen Fehllage dann in der Regel nur durch Entfernen des ZVK mit anschließend notwendiger neuer Punktion korrigiert werden kann. Die beste Methode zum Nachweis der optimalen Positionierung der Katheterspitze in Bezug auf die Einmündung der V. cava superior in den rechten Vorhof ist vermutlich die transösophageale Echokardiographie, wobei diese jedoch in der klinischen Routine ungeeignet ist [23]. Matsushima und Frankel propagieren, mittels Sonographie umliegender Venen um die Punktionsstelle eine Fehllage bzw. ein Abweichen des Drahts in andere Gefäße auszuschließen und so indirekt die korrekte Lage zu bestätigen, bevor der Katheter über den Draht eingeführt wird [12]. Nach wie vor bleibt jedoch beim Einführen des Drahts eine „visuelle Lücke“, die eine korrekte Positionierung des Katheters mit der propagierten Methode von Matsushima und Frankel nicht zulässt. Kim et al. gelang es in 2 prospektiven Beobachtungsstudien bereits unter Verwendung eines Mikrokonvexschallkopfes, diese visuelle Lücke zu schließen [9, 10]. Dabei konnte der „J tip“ des ZVK-Drahts direkt in der unteren V. cava superior über ein supraklavikuläres Schallfenster sowohl für den Zugang über die V. jugularis interna [10] als auch über die rechte V. subclavia [9] identifiziert werden.

Die Autoren G. Zick und C. Eimer teilen sich die Erstautorenschaft.

Tab. 1 Patientencharakteristika

Alter (Jahre)	Geschlecht, (männlich/ weiblich)	Gewicht (kg)	Body-Mass-Index (kg/m ²)
66 ± 14	65/29	86 ± 27	29 ± 9

Daten als Mittelwerte ± Standardabweichung oder absolute Häufigkeiten

Fragestellung

In der vorliegenden Studie sollte evaluiert werden, inwiefern die korrekte i.v.-Lage und Richtung des Führungsdrahtes mittels Ultraschall über 2 aus der Notfallsonographie bekannte und standardisierte Schallfenster (transhepatisch und subkostal) bereits vor Aufdilataion für die Katheterinsertion verifiziert werden kann. Anhand der Darstellung der Drahtspitze sollte außerdem versucht werden, die korrekte Einfühhänge des Katheters zur Positionierung im unteren Drittel der V. cava superior zu bestimmen.

Studiendesign und Untersuchungsmethoden

Die vorliegende monozentrische, prospektive Beobachtungsstudie wurde nach vorheriger Genehmigung durch die Ethikkommission der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel (Aktenzeichen: D 526/15) auf den 3 interdisziplinär-operativen Intensivstationen und in den Operationssälen des Universitätsklinikums Schleswig-Holstein, Campus Kiel, durch die Klinik für Anästhesiologie und Operative Intensivmedizin durchgeführt. Auf eine studienspezifische Aufklärung und das Einholen einer Einverständniserklärung konnte verzichtet werden, weil keine zusätzliche aufklärungspflichtige Intervention erfolgte und die Daten vor Auswertung anonymisiert wurden.

Insgesamt sollten 100 Patienten (Alter ≥18 Jahre) mit Indikation für eine ZVK-Anlage in die Studie eingeschlossen werden. Weiteres Einschlusskriterium war eine geplante Punktion der rechten oder linken V. jugularis interna bzw. V. subclavia. Die Gefäßpunktion wurde durch ärztliches Personal nach den abteilungsüblichen Hygienestandards unter sonographischer Kontrolle durchgeführt. War bei einem Patienten die zeitgleiche Anlage mehrerer ZVK indiziert, so wurde nur

die Anlage des jeweils ersten Katheters in die Studie aufgenommen. Es wurden keine weiteren expliziten Ausschlusskriterien definiert.

Sonographie

Nach erfolgter sonographisch gesteuerter Venenpunktion und Einführen des Führungsdrahtes erfolgte die sonographische Darstellung der V. cava inferior transhepatisch (1. Schallfenster) oder die Darstellung des rechten Vorhofs von subkostal (2. Schallfenster). Diese beiden aus der Notfallsonographie bekannten standardisierten Schallfenster wurden gewählt [16], da sie in der Anästhesiologie, Intensiv- und Notfallmedizin mittlerweile weit verbreitet sind. Hierbei wurde in der Regel von der Flanke aus mit dem transhepatischen Schallfenster begonnen. War dieses 1. Schallfenster nicht einstellbar, z.B. durch aufliegenden Verband oder patientenbedingt, wurde das 2. Schallfenster von subkostal gewählt. Diese Untersuchung wurde unsteril von einer weiteren, ultraschallfahrenen Person von der rechten Patientenseite aus vorgenommen. Alle Patienten waren flach auf dem Rücken gelagert. Wenn der Führungsdraht in einem dieser Schallfenster sicher dargestellt werden konnte, galt die korrekte Lage des Drahts in Bezug auf die Richtung des Herzens als bestätigt, und die Prozedur der Katheteranlage wurde fortgesetzt. Als sichere Darstellung wurde definiert, wenn der erfahrene Sonograph die Bewegungsartefakte des Drahts identifizieren konnte (Zwei-Augen-Prinzip). Bei der weiteren Katheteranlage wurde der Führungsdraht im Rahmen der Seldinger-Technik nur so weit zurückgezogen, dass dieser gerade 1–2 cm aus dem Katheterlumen oben herausragte und somit mindestens 20 cm des Führungsdrahtes intravasal verblieben. Ein ansonsten mögliches sekundäres Abweichen des Drahts

z.B. in ein falsches Gefäß wurde damit vermieden.

Die Darstellung des Drahts wurde mit dem Ultraschallgerät (Vivid S6; Fa. GE Healthcare, München) in einer Videosequenz aufgenommen und gespeichert. Konnte der Draht über beide Schallfenster nicht sicher dargestellt werden, so wurde dies dokumentiert und die Katheteranlage dennoch fortgesetzt. Zur Untersuchung wurde ein Sektorschallkopf verwendet (M4S-RS, 1,5–3,6 MHz; Fa. GE Healthcare, München).

Zusätzlich wurde nach dem Einschluss der ersten 50 Patienten entschieden, in einem zweiten Teil der Studie zu untersuchen, ob mit der sonographischen Darstellung des Führungsdrahtes auch die optimal einzuführende Katheterlänge für den einzelnen Patienten vorhergesagt werden kann. Hierfür wurde der Draht langsam zurückgezogen und bei Verschwinden der „J-förmigen“ Drahtspitze aus dem jeweiligen Schallfenster anhand der Drahtmarkierung (10 cm, 20 cm, 32 cm) die Länge abgemessen, die der Draht zu diesem Zeitpunkt jeweils eingeführt war. Bei der Sonographie über das transhepatische Schallfenster wurden dann 4 cm, über das subkostale Schallfenster 2 cm von der Einfühhänge abgezogen, in der Annahme, dass dies in etwa der Distanz zum kavoatrialen Übergang entsprechen würde. Im Anschluss wurde dann der eigentliche Katheter entsprechend der so berechneten Tiefe vorgeschoben. Nach der Katheteranlage erfolgte zusätzlich eine Thoraxröntgenaufnahme im anterior-posterioren Strahlengang am liegenden Patienten zur radiologischen Kontrolle der Katheterlage. Die Befundung erfolgte durch 2 erfahrene Intensivmediziner (GZ, GE). Hierbei wurde jeweils der kavoatriale Übergang anhand des rechten Mediastinalrandes identifiziert und der Abstand der Katheterspitze gemessen.

Statistische Analyse

Bei einer erwarteten Sensitivität der untersuchten Methode für Fragestellung 1 von 95 % wurde die Fallzahl mit $n = 94$ berechnet (95 %-Konfidenzintervall [95 %-KI] > 0,8). Für den 2. Studienabschnitt erfolgte keine weitere Fallzahl-

G. Zick · C. Eimer · J. Renner · T. Becher · M. Kott · D. Schädler · N. Weiler · G. Elke

Sonographische Visualisierung des Führungsdrahtes und Positionierung des zentralen Venenkatheters. Eine prospektive Beobachtungsstudie

Zusammenfassung

Hintergrund. Nach Anlage eines zentralen Venenkatheters (ZVK) muss die Katheterlage kontrolliert und ein Pneumothorax ausgeschlossen werden.

Fragestellung. 1) Kann mittels Ultraschall über 2 aus der Notfallsonographie bekannte Schallfenster die korrekte i.v.-Lage und Richtung des Führungsdrahtes verifiziert und 2) die Lage der Katheterspitze vorhergesagt werden?

Material und Methoden. In diese Beobachtungsstudie wurden nach positivem Ethikvotum erwachsene Patienten mit Indikation für eine ZVK-Anlage der V. jugularis interna bzw. V. subclavia eingeschlossen. Nach Punktion und Vorschub des Führungsdrahtes wurde die V. cava entweder transhepatisch

oder das rechte Herz von subkostal sonographiert und versucht, den Draht zu lokalisieren. Zur Positionierung wurde die einzuführende Katheterlänge in Bezug auf den kavoatrialen Übergang bestimmt, indem bei Rückzug und Verschwinden der Drahtspitze aus dem jeweiligen Schallfenster die eingeführte Drahtlänge gemessen wurde.

Ergebnisse. Von 100 Patienten konnten 94 ausgewertet werden. Der Führungsdraht war bei 91 Patienten verifizierbar. Bei 44 der 94 Patienten wurde die einzuführende Katheterlänge bestimmt. Bei 20 Patienten lag die Katheterspitze gemäß Thoraxröntgenaufnahme korrekt im unteren Drittel der V. cava superior, bei 14 Patienten zeigte sich eine relativ zu hohe bzw. tiefe Lage. Fünf Patienten

wurden ausgeschlossen, da der ZVK für die Positionierung im Zielbereich zu kurz war.

Diskussion. Die hier vorgestellte Methode bestätigt zuverlässig die korrekte Richtung des Führungsdrahtes bereits vor dem Aufbougen des Gefäßes. Sie erlaubt zusätzlich die Messung der einzuführenden Katheterlänge. Da auch der Ausschluss eines Pneumothorax sonographisch möglich ist, kann auf eine Thoraxröntgenaufnahme verzichtet werden.

Schlüsselwörter

Ultraschall · ZVK · Seldinger-Technik · Thoraxröntgen · Katheterposition

Ultrasound visualization of the guidewire and positioning of the central venous catheter. A prospective observational study

Abstract

Background. After insertion of a central venous catheter (CVC) the catheter position must be controlled and a pneumothorax ruled out.

Objective. The aim was to examine whether the use of two standard acoustic windows known from emergency sonography examination techniques is feasible to 1) verify the correct intravenous localization and direction of the guidewire before final CVC insertion and 2) correctly predict the required CVC length for positioning of the catheter tip in the lower third of the superior vena cava.

Material and methods. This single center prospective observational study included adult patients (age ≥ 18 years) with an indication for CVC insertion after institutional ethics approval was obtained. Puncture sites were restricted to bilateral internal jugular and subclavian veins and except for duplicate examinations no further exclusion criteria were defined. After vessel puncture and insertion of the guidewire, the vena cava was displayed by an additional ultrasound examiner (sector scanner 1.5–3.6 MHz) using the transhepatic or subcostal acoustic window to localize the guidewire. For positioning of the CVC tip, the required catheter length in relation to the cavoatrial

junction was measured using the guidewire marks during slow retraction and consecutive disappearance of the J-shaped guidewire tip from each acoustic window. From the resulting insertion length of the guidewire 4 cm was subtracted for the transhepatic and 2 cm for the subcostal window under the assumption that this length correlates to the distance from the cavoatrial junction. The CVC was finally inserted and a chest radiograph was performed for radiological verification of the CVC position.

Results. Of 100 included patients, 94 could finally be analyzed. The guidewire could be identified in the vena cava in 91 patients (97%) within a time period of 2.2 ± 1.9 min. In three patients, the wire could not be visualized, although two catheters had the correct position, while one catheter was incorrectly positioned in the opposite axillary vein. In the second study part, positioning of the CVC was evaluated in 44 of the 94 patients. In 5 of these 44 patients, the correct direction and disappearance of the guidewire from the acoustic window could also be reliably visualized; however, with the left subclavian vein as the puncture site, the respective catheters were up to 6 cm too short for correct positioning. Thus, these 5 patients were

excluded from this analysis. In the remaining 39 patients, the position of the CVC tip was optimally located in the lower third of the superior vena cava according to the chest radiograph in 20 patients (51%), while it was relatively too high in 5 patients (13%) and too low (entrance of the right atrium) in 9 patients. In the other 5 patients, disappearance of the guidewire from the acoustic window was not definitely detectable.

Conclusion. The presented intraprocedural ultrasound-based method using two standard acoustic windows is reliable for verification of the correct intravenous location and direction of the guidewire even before dilatation of the vessel puncture site for insertion of the catheter. Furthermore, the method allows the clinically acceptable measurement of the required length for catheter positioning. A chest radiograph can be waived provided the ultrasound examination (identification of the guidewire and exclusion of puncture-related complications such as pneumothorax) is unambiguous.

Keywords

Ultrasound · CVC · Seldinger's technique · Chest x-ray · Catheter position

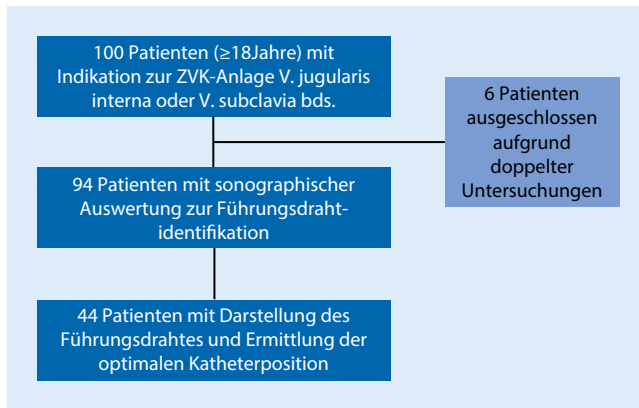


Abb. 1 ◀ Flussdiagramm des Patientenkollektivs

abschätzung. Neben der deskriptiven Analyse für die Patientencharakteristika als Mittelwerte mit Standardabweichungen wurden die Gütekriterien der sonographischen Drahtidentifikation berechnet (Microsoft® Excel 2019, Microsoft® Corporation, Redmond, WA, USA).

Ergebnisse

Insgesamt konnten von 100 eingeschlossenen Patienten nach Ausschluss doppelter Untersuchungen die Daten von $n=94$ Patienten für Fragestellung 1 und $n=44$ Patienten für Fragestellung 2 evaluiert werden. Die Patientencharakteristika zeigt **Tab. 1**, **Abb. 1** das Studienflussdiagramm. Die V. jugularis interna rechts wurde am häufigsten ($n=61$) punktiert, gefolgt von der V. subclavia links ($n=17$), der V. subclavia rechts ($n=12$) und der V. jugularis interna links ($n=4$). Der Führungsdraht konnte sonographisch bei 91 von 94 Patienten (97%) eindeutig dargestellt werden, wobei dieser bei 59 Patienten über das transhepatische Schallfenster in der V. cava inferior darstellbar war, bei 32 Patienten über das subkostale Schallfenster ($n=18$ in der V. cava inferior, $n=14$ im rechten Vorhof) (**Abb. 2**). Bei diesen 91 Patienten bestätigte auch die postinterventionelle Thoraxröntgenaufnahme die korrekte Projektion des Katheters in Richtung zum Herzen. Für den sonographischen Nachweis des Führungsdrahtes benötigten die Untersucher im Mittel $2,2 \pm 1,9$ min.

Bei 3 Patienten konnte der Führungsdraht sonographisch nicht identifiziert

werden. Bei einem dieser Patienten wurde kein adäquates Schallfenster gefunden; bei einem weiteren Patienten konnte trotz gutem Schallfenster kein Draht identifiziert werden. Bei beiden Patienten zeigte die im Anschluss durchgeführte Thoraxröntgenaufnahme jedoch eine regelrechte Projektion des einliegenden Katheters. Nur bei dem dritten Patienten ohne sonographischen Nachweis des Drahts war der Katheter auch falsch platziert und konnte radiologisch in der gegenüberliegenden V. axillaris nachverfolgt werden. Somit lag die Sensitivität der Methode bei 0,98 (95%-KI 0,92–0,99), die Spezifität bei 1 (95%-KI 0,2–1) (**Tab. 2**).

Im 2. Studienabschnitt wurde bei insgesamt 44 der 94 Patienten die einzuführende Länge des Katheters bestimmt (**Abb. 3**). Bei 5 dieser 44 Patienten konnte das Verschwinden des Führungsdrahtes aus der Schallebene zwar eindeutig visualisiert werden, allerdings waren bei Punktion der V. subclavia links der jeweils eingesetzte ZVK für die optimale Positionierung im Zielbereich um bis zu 6 cm zu kurz. Die Richtung dieser 5 Katheter war in allen Fällen korrekt, die Katheterspitzen kamen allerdings an der Einmündung der V. anonyma in die V. cava superior zu liegen, ohne vollständig in die V. cava superior gelangt zu sein. Daher wurden diese 5 Patienten von der Analyse ausgeschlossen. Im Vergleich zur Thoraxröntgenaufnahme war die Katheterspitze bei 20 der übrigen 39 Patienten (51%) korrekt im definierten Zielbereich unteres Drittel der V. cava superior platziert, bei 9 Patienten (23%) unterhalb (Eingang rechter Vorhof) und bei 5 Patienten (13%) oberhalb des Zielbe-

reiches (**Abb. 4**). Zwei Katheter lagen mit der Spitze im rechten Vorhof, ohne jedoch entsprechend der Projektion in der Thoraxröntgenaufnahme über die Trikuspidalklappe in den rechten Ventrikel gelangt zu sein. Bei 5 Patienten konnte dagegen das Verschwinden des Führungsdrahtes aus der Schallebene nicht eindeutig gesehen werden, sodass die optimale Katheterlänge bei diesen Patienten nicht berechnet werden konnte, wobei bei einem dieser 5 Patienten die Drahtidentifikation durch einliegende Schrittmacherelektroden erschwert wurde und somit nicht eindeutig möglich wurde. In keinem der Patienten wurde der Katheter nachträglich aufgrund der Thoraxröntgenaufnahme korrigiert.

Insgesamt wurde einmal anhand der postpunktionell durchgeführten Thoraxröntgenaufnahme ein Spitzenpneumothorax als Komplikation der ZVK-Anlage diagnostiziert.

Diskussion

In dieser monozentrischen, prospektiven Beobachtungsstudie konnte gezeigt werden, dass bei 97% der 94 untersuchten Patienten bei Anlage eines ZVK der Führungsdraht sonographisch durch einen zusätzlichen Untersucher über 2 aus der Notfallsonographie bekannte und klinisch standardisierte Schallfenster (transhepatisch oder subkostal) sicher identifiziert werden kann. So war neben der korrekten i.v.-Lage auch die Bestätigung der korrekten Richtung zum Herzen möglich, bevor der eigentliche Katheter über den Draht vorgeschoben wird. Dazu muss der Draht also im rechten Herzen oder der V. cava identifiziert werden, wozu dieser auch nicht weiter eingeführt werden muss, als es in der täglichen Routine ohnehin der Fall ist.

Neben der korrekten Richtung des eingeführten Katheters zum Herzen ist die Lage der Katheterspitze, d. h. die eingeführte Länge des Katheters von Bedeutung, wobei die optimale Lage nach wie vor kontrovers diskutiert wird. Letztlich wird die Lage der Katheterspitze am Übergang der V. cava superior (unteres Drittel) zum rechten Vorhof als ideal angesehen, weil dann auch Katheter von allen Gefäßzugängen parallel zur Gefäß-

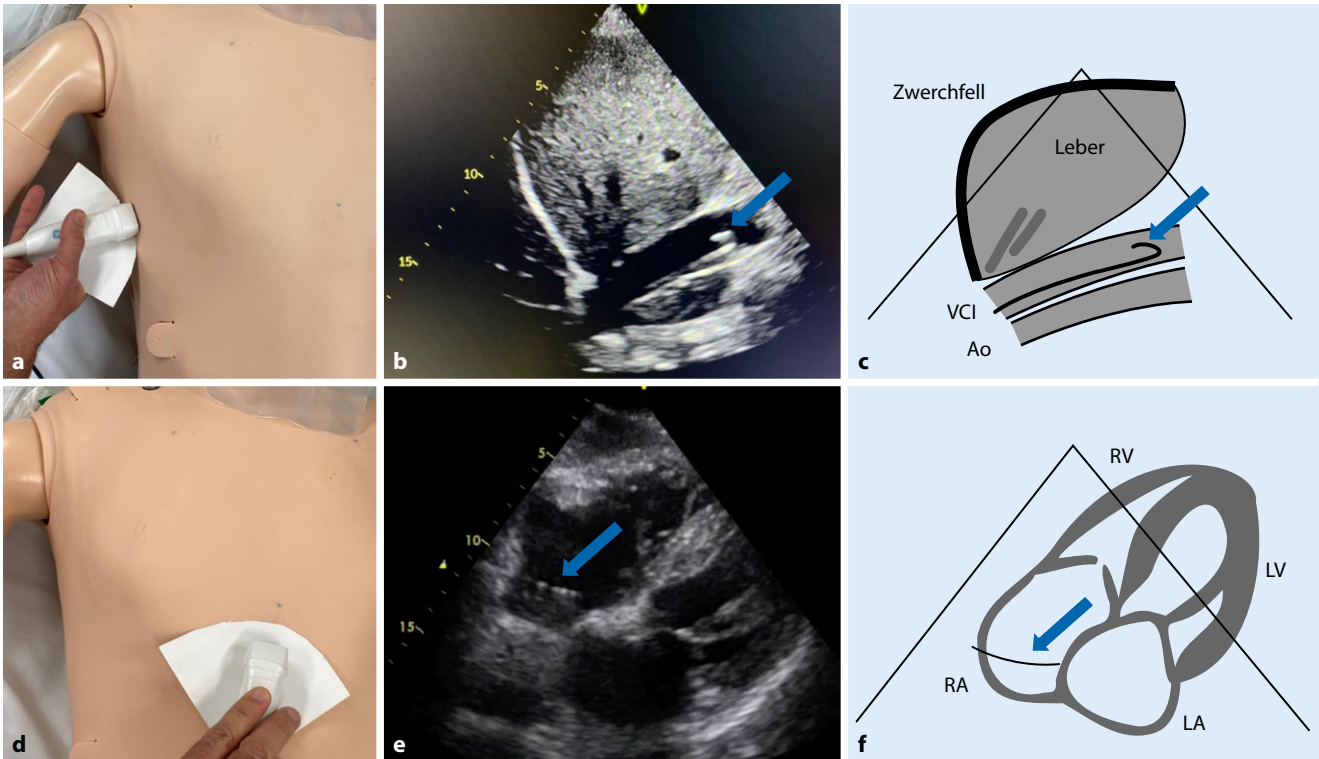


Abb. 2 ▲ Sonographische Darstellung des Führungsdrahtes. Dargestellt ist beispielhaft die sonographische Darstellung von der rechten Flanke durch die Leber (1. Schallfenster, a–c) und von subkostal (2. Schallfenster, d–f). a, d Schallkopfposition und Schallebene, b, e sonographische Bilder, c, f entsprechende Schemazeichnungen. a–c Darstellung des Drahts in der V. cava inferior, d–f im rechten Vorhof. Der Draht ist jeweils mit einem *blauen Pfeil* markiert. Zusätzlich sind in der jeweiligen Schemazeichnung die anatomischen Strukturen benannt. VCI V. cava inferior, Ao Aorta, LA linker Vorhof, LV linker Ventrikel, RA rechter Vorhof, RV rechter Ventrikel

wand der V. cava superior liegen [3, 14, 19, 21]. Im 2. Studienabschnitt wurde daher bei insgesamt 44 der 94 Patienten untersucht, ob auch die einzuführende Länge des Katheters für den einzelnen Patienten sonographisch bestimmt werden kann. Hier wurde bei Rückzug und Verschwinden der Drahtspitze aus dem jeweiligen Schallfenster die eingeführte Drahtlänge abgemessen und bei Sonographie über das transhepatische Schallfenster 4 cm, über das subkostale Schallfenster 2 cm von der Einföhrungslänge abgezogen. Im Anschluss wurde dann der ZVK entsprechend der optimalen Tiefe vorgeschoben. Bei 5 dieser 44 Patienten konnte das Verschwinden des Führungsdrahtes aus der Schallebene zwar eindeutig visualisiert werden, allerdings waren bei Punktion der V. subclavia links der jeweils eingesetzte ZVK für die optimale Positionierung im Zielbereich um bis zu 6 cm zu kurz. Die Richtung dieser 5 Katheter war in allen Fällen korrekt, die Katheterspitzen kamen allerdings an der

Einmündung der V. anonyma in die V. cava superior zu liegen, ohne vollständig in die V. cava superior gelangt zu sein. Daher wurden diese 5 Patienten letztlich von der Analyse ausgeschlossen. Neben der Katheterlänge spielen auch die zur Punktion gewählte Vene und die Lokalisation der Punktionsstelle eine Rolle, wobei sonographisch gesteuerte Gefäßpunktionen der Vv. jugularis interna und subclavia meist weiter kranial und lateral erfolgen [14, 17]. Insbesondere bei linksseitigen Punktionen oder sehr großen Patienten empfiehlt sich daher die Verwendung längerer Katheter. Im Vergleich zur Thoraxröntgenaufnahme war die Katheterspitze bei 20 der übrigen 39 Patienten (51 %) korrekt im definierten Zielbereich unteres Drittel der V. cava superior platziert, bei 9 Patienten (23 %) unterhalb (Eingang rechter Vorhof) und bei 5 Patienten (13 %) oberhalb des Zielbereichs. Wir haben bei unserer Methode bewusst nur 2 cm nach Verschwinden des Drahts aus dem Vorhof abgezogen, damit der

ZVK nicht versehentlich zu weit zurückgezogen wurde. 9 der 44 Katheter lagen laut Thoraxröntgenaufnahme relativ zu tief, am Eingang zum rechten Vorhof, wobei diese Einföhrtiefe von einigen Autoren ebenfalls noch als ideal angesehen wird [5] und für intensivmedizinische bzw. am Monitor überwachte Patienten aus unserer Sicht klinisch akzeptabel ist. Für nicht am Monitor überwachte Patienten auf der Normalstation sollte man zur sicheren Vermeidung der Gefahr von Rhythmusstörungen daher über das transhepatische Schallfenster ≥ 5 cm, über das subkostale Schallfenster ≥ 3 cm von der Einföhrungslänge abziehen. In keinem der Patienten wurde der Katheter nachträglich aufgrund der Thoraxröntgenaufnahme korrigiert.

In vielen Fällen ist die ultraschallgesteuerte Punktion der Vene für die ZVK-Anlage Routine geworden, weil sie Vorteile hinsichtlich der Erfolgsrate und Vermeidung von Komplikationen, insbesondere Pneumothorax, bietet [15, 17].

Tab. 2 Gütekriterien der sonographischen Methode zur Drahtlokalisation

Gütekriterien	
Sensitivität (95%-Konfidenzintervall)	0,98 (0,92–0,99)
Spezifität (95%-Konfidenzintervall)	1 (0,2–1)
Positiv-prädiktiver Wert	1
Negativ-prädiktiver Wert	0,333

Zur sonographischen ZVK-Lagekontrolle bzw. Bestimmung der Einführtiefe gibt es im Wesentlichen 5 prospektive Studien [1, 2, 9, 10, 12]. In der Studie von Matsushima und Frankel wurde durch Ausschluss einer Fehllage des Drahts in andere Gefäßabgänge („ruling-out technique“) die korrekte Lage indirekt angenommen. Dabei konnte bei 10 von insgesamt 83 ZVK-Anlagen eine Fehllage identifiziert werden, wobei diese Ausschlussmethode mit einer durchschnittlichen Untersuchungsdauer von 10,8 min vergleichsweise lang war. Kim et al. gelang es erstmalig, den J tip des ZVK-Drahts direkt in der V. cava superior über ein supra-klavikuläres Schallfenster sowohl für den Zugang über die V. jugularis interna bei 48 Patienten [10] als auch über die rechte V. subclavia bei 21 Patienten [9] darzustellen. Unter Verwendung eines Mikrokonvexschallkopfes wurde dabei die obere Gefäßwand der kreuzenden rechten Pulmonalarterie, die an die untere V. cava superior angrenzt, als Zielzone für die Positionierung der Drahtspitze definiert. In beiden Studien konnte eine gute Übereinstimmung der korrekten ZVK-Lage zu den verwendeten Referenzmethoden Thoraxröntgenaufnahme bzw. intrakardiale EKG-Ableitung, Körpergrößenformel und transösophageale Echokardiographie (TEE) gezeigt werden. In der ersten Studie von Kim et al. lag die ZVK-Spitze laut Thoraxröntgenaufnahme bei 8 Patienten oberhalb, bei 31 Patienten unterhalb und 9 Patienten auf Höhe der Carina [10]. Ein möglicher Nachteil der beschriebenen Methodik von Kim et al. ist, dass kein Standardschallkopf bzw. Standardschallfenster zum Einsatz kamen, sodass ggf. ein längeres Training erforderlich sein könnte. Die mittlere Zeitdauer zwischen 1. Ultraschallbild und Positionierung des Drahts in der V. cava su-

perior betrug in beiden Studien 11 bzw. 9,25 min. In 2 weiteren Studien [1, 2] wurde – wie in unserer Studie – versucht, den Führungsdraht in der V. cava inferior oder den rechten Herzhöhlen darzustellen. Bedel et al. [2] konnten so in 91 von 101 Patienten den Führungsdraht in der V. cava nachweisen, was bei ihrer Auswertung einer zu unserer Studie vergleichbaren Sensitivität von 1 und einem positiv-prädiktiven Wert von 0,98 entsprach. Als Schallfenster wählten die Autoren ausschließlich das subkostale Fenster, wodurch sie bei 4 Patienten nach abdominalchirurgischem Eingriff oder ausgeprägter Adipositas das Herz nicht darstellen konnten. In der prospektiven Beobachtungsstudie von Arellano et al. [1] wurde über das apikale und subkostale Schallfenster versucht, den Führungsdraht im rechten Vorhof durch einen zusätzlichen Untersucher nachzuweisen. Die Darstellung des Drahts gelang dabei in 91 von insgesamt 100 untersuchten Patienten, wobei keine Zeitdauer angegeben wurde. In allen 3 Studien wurde dagegen nicht die korrekte Einführlänge bestimmt. In unserer Studie wurden 2 Schallfenster gewählt für den Fall, dass im 1. Schallfenster von der rechten Flanke transhepatisch der Führungsdraht nicht zu identifizieren war. Aus unserer Sicht hat das transhepatische Schallfenster den Vorteil, dass es bei dem für die ZVK-Anlage steril abgedeckten Patienten in der Regel einfach zugänglich und schnell aufzufinden ist. So war der Führungsdraht bei zwei Drittel der Patienten bereits über dieses 1. Schallfenster darstellbar. Ein systematischer Vergleich beider gewählten Schallfenster wurde allerdings nicht durchgeführt. Die Sonographie des Führungsdrahtes, die unsteril vorgenommen werden konnte, wurde wie in der Studie von Arrelano et al. [1] durch einen 2. ärztlichen Untersucher vorgenommen. Dieses Vorgehen hat den Vorteil, dass die Sonographie nicht mit der ZVK-Anlage interferiert. Die mittlere Zeitdauer bis zum Nachweis des Drahts betrug dabei 2,2 min, wobei unser Studienkollektiv mit einem Body-Mass-Index (BMI) von $29 \pm 9 \text{ kg/m}^2$ prä- bzw. adipöse Patienten widerspiegelte. In der Studie von Bedel et al. [2] wurden 2 Schallköpfe steril vorbereitet und die Punktion und

Lagekontrolle von einer einzigen Person durchgeführt, wobei die mittlere Zeitdauer bis zur Drahtidentifikation 1,8 min betrug, bei ihrem normalgewichtigen Patientenkollektiv (BMI von $24 \pm 3 \text{ kg/m}^2$). Generell ist die Ultraschalldiagnostik von der Erfahrung des Untersuchers und der „Schallbarkeit“ des Patienten abhängig. In unserer Studie erfolgte die sonographische Untersuchung durch in der Sonographie erfahrenes ärztliches Personal, sodass bei unerfahrenen Untersuchern mit einer längeren Zeit für die Darstellung bzw. einer geringeren Erfolgsquote zu rechnen ist. Es ist jedoch durchaus denkbar, dass die Sonographie zur Drahtidentifikation auch durch geschultes, nichtärztliches Personal durchgeführt wird [7].

In unserer Studie wurde bei jedem Patienten nach der Gefäßpunktion eine Thoraxröntgenaufnahme durchgeführt. Der Zeitpunkt der Röntgenaufnahme ist immer ein Kompromiss zwischen einer zügigen Lagekontrolle vor Verwendung des Katheters und dem Ausschluss eines Pneumothorax, welcher zu diesem Zeitpunkt vielleicht noch nicht zur Darstellung kommt. Lichtenstein et al. haben gezeigt, dass insbesondere ein Pneumo- oder Hämatothorax und die Dynamik dieser Komplikationen sicher mittels Ultraschall diagnostiziert und kontrolliert werden können [11]. Unsere Studie zeigt, dass mit der sonographischen Methode über zwei standardisierte und leicht zugängliche Schallfenster eine insbesondere bei intensivmedizinischen bzw. am Monitor überwachten Patienten akzeptable Bestimmung der ZVK-Einführtiefe möglich ist. Die routinemäßige Durchführung einer radiologischen Lagekontrolle ist aus unserer Sicht somit nur noch indiziert, wenn der Nachweis des Führungsdrahtes oder der Ausschluss punktionsbedingter Komplikationen sonographisch nicht gelingt.

Fallstricke der sonographischen Methode

Grundsätzlich müssen für die hier vorgestellte sonographische Lagekontrolle des Führungsdrahtes und Positionierung des Katheters methodenimmanente Probleme berücksichtigt werden. In dieser

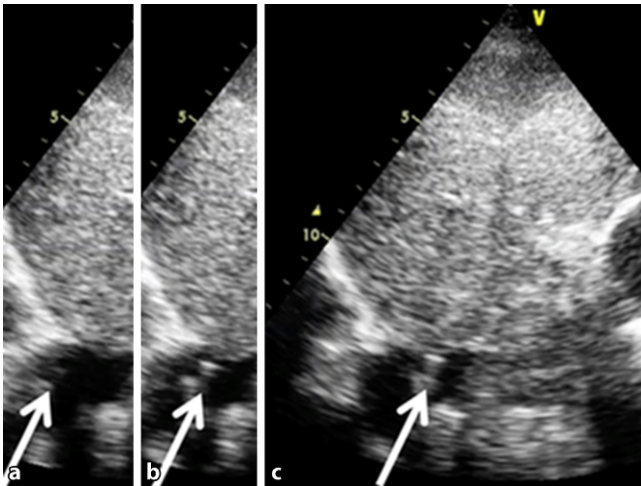


Abb. 3 ▲ Abmessen der eingeführten Länge des Führungsdrahtes. Dargestellt ist beispielhaft an einem Patienten der Führungsdraht von der rechten Flanke durch das Schallfenster der Leber. Die Spitze des Drahtes (Pfeil) bewegt sich nach kranial, wenn der Draht zurückgezogen wird. a–c Die Reihenfolge der Bilder ist im zeitlichen Ablauf von rechts nach links zu betrachten

Studie konnte der Führungsdraht bei 2 Patienten nicht dargestellt werden, obwohl der Katheter in der anschließend durchgeführten Thoraxröntgenaufnahme korrekt platziert war. Der Draht ist im Verhältnis zum Durchmesser der V. cava oder dem rechten Vorhof deutlich kleiner, sodass der Schallkopf vollständig durch die untersuchte Struktur geschwenkt werden muss, damit der Draht nicht übersehen wird. Auch ein Abweichen des Drahts in die Lebervene hat zur Folge, dass der Draht weder im Herzen noch in der V. cava inferior nachzuweisen ist. Diese Form der Fehlfrage kann allerdings durch eine Sonographie der Lebervenen unmittelbar überprüft werden.

Fehlinterpretationen können durch verschiedene anatomische Strukturen, die einen Draht vortäuschen, entstehen [3, 14, 17]. Die Gefäßwand der V. cava inferior ist sehr echogen, wenn sie senkrecht von der Schallwellenfront getroffen wird. Gleichzeitig können Schrittmacherdrähte oder andere, parallel einliegende Katheter zu einer Verwechslung führen, wie es bei einem Patienten in unserer Studie der Fall war. Die Bewegung des Drahts beweist, dass es sich um den Führungsdraht handelt. Beim transhepatischen Schall muss man auf eine Verwechslungsgefahr mit der Aorta achten, insbesondere wenn die

V. cava inferior kollabiert ist. Darüber hinaus muss bei der Längenbestimmung zur optimalen Einführtiefe sichergestellt sein, dass der Draht die Schallebene nach kranial verlässt und man ihn nicht seitlich aus der Schallebene verliert.

Limitationen der Studie

Als eine Limitation der Studie ist die relativ geringe Fallzahl von 44 Patienten für die Methode der Längenbestimmung zu nennen, da sich diese Fragestellung erst im Laufe der Studie ergab. Außerdem waren an den eingesetzten Führungsdrähten nur die üblichen Drahtmarkierungen (10 cm, 20 cm, 32 cm) vorhanden, anhand derer die Länge abgemessen wurde. Es wäre darüber hinaus sinnvoll, Drähte mit Zentimetermarkierungen zu verwenden, um die Einführtiefe entsprechend präziser abschätzen zu können. Auch erfolgte für die hier vorgestellte Methode kein Vergleich zur TEE als Goldstandard für die korrekte Lagekontrolle des ZVK im unteren Drittel der V. cava superior. Der Vergleich zur Thoraxröntgenaufnahme ist dadurch limitiert, dass diese Referenzmethode ihrerseits Limitationen der

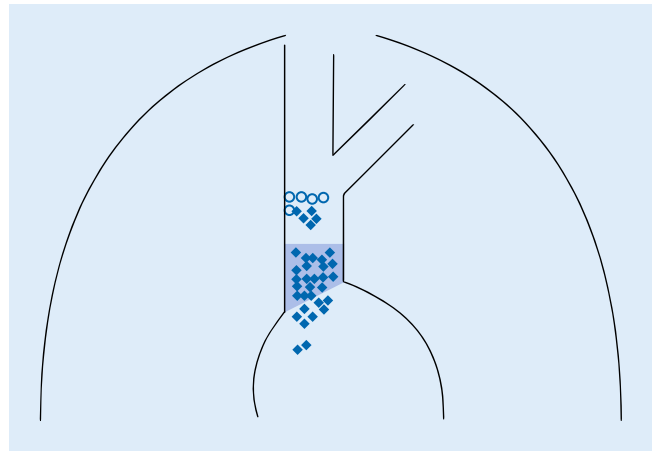


Abb. 4 ▲ Schematische Darstellung der Lage der Katheterspitzen. Abgebildet sind die 39 Katheterspitzen nach entsprechender Abmessung in Bezug auf die Konturen entsprechend den jeweiligen Röntgenaufnahmen des Thorax. Die Schemazeichnung spiegelt nicht alle individuellen Konfigurationen des Mediastinums wider. Die Positionen sind im Verhältnis zu V. brachiocephalica und Übergang der V. cava superior zum rechten Vorhof eingezeichnet; der Zielbereich unteres Drittel der V. cava superior ist grau markiert. Für die bessere Erkennbarkeit sind die Punkte nebeneinander aufgezeichnet. Die ausgefüllten Rauten zeigen die tatsächliche Lage der jeweiligen Katheter. Die leeren Kreise entsprechen den Katheterspitzen der 5 zu kurzen und von der Analyse ausgeschlossenen Katheter. Zwei Katheter lagen mit der Spitze im rechten Vorhof, ohne – von der Projektion in der Thoraxröntgenaufnahme – jedoch über die Trikuspidalklappe in den rechten Ventrikel gelangt zu sein

radiologischen Landmarken aufweist [4, 8, 22]. Ein systematischer Vergleich, der in einer Subgruppe von 11 Patienten für die Methode über das supraklavikuläre Schallfenster bereits in einer der Studien von Kim et al. [10] durchgeführt wurde, wäre auch für unsere sonographische Methode wünschenswert gewesen.

Schlussfolgerung und Fazit für die Praxis

- Die sonographische Visualisierung des Führungsdrahtes war über zwei aus der Notfallsonographie bekannte Schallfenster während der ZVK-Anlage gut durchführbar.
- Ein entscheidender Vorteil des sonographischen Drahtnachweises ist die Bestätigung der korrekten Richtung und i.v.-Lage bereits vor der Aufdilatation für die Katheterinsertion.
- Die Abschätzung der Katheterlänge zur Positionierung im unteren Drittel der V. cava superior war anhand des Verschwindens der Drahtspitze aus dem Schallfenster möglich.
- Eine routinemäßige Durchführung einer postinterventionellen

Thoraxröntgenaufnahme ist nur noch dann gerechtfertigt, wenn der sonographische Befund (zur Identifikation des Führungsdrahtes oder zum Ausschluss punktionsbedingter Komplikationen) nicht eindeutig ist.

- Auf eine gute Dokumentation des Ultraschallbefundes muss geachtet werden.

Korrespondenzadresse

PD Dr. med. G. Elke

Klinik für Anästhesiologie und Operative Intensivmedizin, Universitätsklinikum Schleswig-Holstein, Campus Kiel
Arnold-Heller-Straße 3, Haus R3, 24105 Kiel, Deutschland
gunnar.elke@uksh.de

Funding. Open Access funding provided by Projekt DEAL.

Einhaltung ethischer Richtlinien

Interessenkonflikt. G. Zick, C. Eimer, J. Renner, T. Becher, M. Kott, D. Schädler, N. Weiler und G. Elke geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Alle studienbezogenen Prozeduren wurden mit Zustimmung der zuständigen Ethikkommission der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel (Aktenzeichen: D 526/15) und im Einklang mit nationalem Recht sowie gemäß der Deklaration von Helsinki von 1975 (in der aktuellen, überarbeiteten Fassung) durchgeführt. Auf eine gesonderte Aufklärung und das Einholen einer Einverständniserklärung wurde verzichtet, weil keine zusätzliche aufklärungspflichtige studienbezogene Intervention erfolgte und die Daten anonymisiert wurden.

Open Access. Dieser Artikel wird unter der Creative Commons Namensnennung 4.0 International Lizenz veröffentlicht, welche die Nutzung, Vervielfältigung, Bearbeitung, Verbreitung und Wiedergabe in jeglichem Medium und Format erlaubt, sofern Sie den/die ursprünglichen Autor(en) und die Quelle ordnungsgemäß nennen, einen Link zur Creative Commons Lizenz beifügen und angeben, ob Änderungen vorgenommen wurden.

Die in diesem Artikel enthaltenen Bilder und sonstiges Drittmaterial unterliegen ebenfalls der genannten Creative Commons Lizenz, sofern sich aus der Abbildungslegende nichts anderes ergibt. Sofern das betreffende Material nicht unter der genannten Creative Commons Lizenz steht und die betreffende Handlung nicht nach gesetzlichen Vorschriften erlaubt ist, ist für die oben aufgeführten Weiterverwendungen des Materials die Einwilligung des jeweiligen Rechteinhabers einzuholen.

Weitere Details zur Lizenz entnehmen Sie bitte der Lizenzinformation auf <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de>.

Literatur

1. Arellano R, Nurmohamed A, Rumman A et al (2014) The utility of transthoracic echocardiography to confirm central line placement: an observational study. *Can J Anaesth* 61:340–346
2. Bedel J, Vallee F, Mari A et al (2013) Guidewire localization by transthoracic echocardiography during central venous catheter insertion: a periprocedural method to evaluate catheter placement. *Intensive Care Med* 39:1932–1937
3. Brass P, Hellmich M, Kolodziej L et al (2015) Ultrasound guidance versus anatomical landmarks for internal jugular vein catheterization. *Cochrane Database Syst Rev* 1:CD6962
4. Ender J, Erdoes G, Krohmer E et al (2009) Transesophageal echocardiography for verification of the position of the electrocardiographically placed central venous catheter. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 23:457–461
5. Fletcher SJ, Bodenham AR (2000) Safe placement of central venous catheters: where should the tip of the catheter lie? *Br J Anaesth* 85:188–191
6. Franco-Sadud R, Schnobrich D, Mathews BK et al (2019) Recommendations on the use of ultrasound guidance for central and peripheral vascular access in adults: a position statement of the society of hospital medicine. *J Hosp Med* 14:E1–E22
7. Frederiksen CA, Juhl-Olsen P, Andersen NH et al (2013) Assessment of cardiac pathology by point-of-care ultrasonography performed by a novice examiner is comparable to the gold standard. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med* 21:87
8. Hsu JH, Wang CK, Chu KS et al (2006) Comparison of radiographic landmarks and the echocardiographic SVC/RA junction in the positioning of long-term central venous catheters. *Acta Anaesthesiol Scand* 50:731–735
9. Kim SC, Graffl I, Sommer A et al (2016) Ultrasound-guided supraclavicular central venous catheter tip positioning via the right subclavian vein using a microconvex probe. *J Vasc Access* 17:435–439
10. Kim SC, Heinze I, Schmiedel A et al (2015) Ultrasound confirmation of central venous catheter position via a right supraclavicular fossa view using a microconvex probe: an observational pilot study. *Eur J Anaesthesiol* 32:29–36
11. Lichtenstein DA, Menu Y (1995) A bedside ultrasound sign ruling out pneumothorax in the critically ill. Lung sliding. *Chest* 108:1345–1348
12. Matsushima K, Frankel HL (2010) Bedside ultrasound can safely eliminate the need for chest radiographs after central venous catheter placement: CVC sono in the surgical ICU (SICU). *J Surg Res* 163:155–161
13. Randolph AG, Cook DJ, Gonzales CA et al (1996) Ultrasound guidance for placement of central venous catheters: a meta-analysis of the literature. *Crit Care Med* 24:2053–2058
14. Safety Committee of Japanese Society of Anaesthesiologists (2019) Practical guide for safe central venous catheterization and management 2017. *J Anesth*. <https://doi.org/10.1007/s00540-019-02702-9>
15. Saugel B, Schulte-Uentrop L, Scheeren TWL et al (2017) Ultrasound-guided central venous catheter placement: first things first. *Crit Care* 21:331
16. Schieb E, Greim CA (2015) Emergency sonography. *Anaesthesist* 64:329–342 (quiz 343–324)
17. Schmidt GA, Blaivas M, Conrad SA et al (2019) Ultrasound-guided vascular access in critical illness. *Intensive Care Med* 45:434–446
18. Schummer W, Schummer C, Schelenz C et al (2004) Central venous catheters—the inability of “intra-atrial ECG” to prove adequate positioning. *Br J Anaesth* 93:193–198
19. Schuster M, Nave H, Piepenbrock S et al (2000) The carina as a landmark in central venous catheter placement. *Br J Anaesth* 85:192–194
20. Smit JM, Raadsen R, Blans MJ et al (2018) Bedside ultrasound to detect central venous catheter misplacement and associated iatrogenic complications: a systematic review and meta-analysis. *Crit Care* 22:65
21. Vesely TM (2003) Central venous catheter tip position: a continuing controversy. *J Vasc Interv Radiol* 14:527–534
22. Wirsing M, Schummer C, Neumann R et al (2008) Is traditional reading of the bedside chest radiograph appropriate to detect intraatrial central venous catheter position? *Chest* 134:527–533
23. Yoshimura M, Nakanishi T, Sakamoto S et al (2016) Confirmation of optimal guidewire length for central venous catheter placement using transesophageal echocardiography. *J Clin Anesth* 35:58–61