

Gefäßzugänge bei der Erstversorgung von erwachsenen Notfallpatienten im Schockraum

Zusammenfassung

Die initiale innerklinische Akutversorgung von kritisch kranken und schwerverletzten Patienten im Schockraum schließt die Etablierung von Gefäßzugängen ein. Durch die zeitkritischen Umstände und unter den erschwerten Bedingungen eines kritischen Patientenzustands kann dies eine Herausforderung darstellen. Die Studienlage für die Anlage von Gefäßzugängen bei Notfallpatienten ist unzureichend und beschränkt sich dabei hauptsächlich auf den Bereich des perioperativen und intensivmedizinischen Settings. Ziel der vorliegenden Übersichtsarbeit ist es, eine durch Experten validierte und in der klinischen Praxis anwendbare Hilfestellung für die Anlage von Gefäßzugängen bei kritisch kranken und schwerverletzten Patienten im Schockraum zu geben.

Summary

The initial in-hospital acute care of critically ill and severely injured emergency patients in the resuscitation room includes vascular access. Due to time-sensitive circumstances and critical conditions of emergency patients, invasive vascular access may be challenging. Current evidence and research on emergency vascular access is scarce and mainly focused on perioperative management and intensive care settings. This article provides an expert-validated structured review and practice recommendations for resuscitation room vascular access in critically ill and severely injured patients.

Vascular access in the initial management of adult emergency patients in the resuscitation room

M.F. Struck¹ · P. Hilbert-Carius² · B. Hossfeld³ · J.C. Brokmann⁴ · J. Hinkelbein⁵ · J.-T. Gräsner⁶ · T. Wurmb⁷ · M. Bernhard⁸

Arbeitsgruppen „Trauma- und Schockraummanagement“ und „Gefäßzugänge bei der Erstversorgung von erwachsenen Notfallpatienten im Schockraum“ der Wissenschaftlichen Arbeitskreise Notfallmedizin sowie Zentrale Notaufnahme der Deutschen Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin e. V. (DGAI)

► **Zitierweise:** Struck MF, Hilbert-Carius P, Hossfeld B, Brokmann JC, Hinkelbein J, Gräsner JT et al: Gefäßzugänge bei der Erstversorgung von erwachsenen Notfallpatienten im Schockraum. Anästh Intensivmed 2022;63:362–371. DOI: 10.19224/ai2022.362

Rationale

Die initiale innerklinische Akutversorgung von kritisch kranken und schwerverletzten Patienten findet in der Regel durch ein interdisziplinäres Team im Schockraum statt [1,2]. Die Beseitigung von unmittelbar lebensbedrohlichen Zuständen, die Stabilisierung der Vitalfunktionen sowie die klinische und apparative Diagnostik zur Detektion der zugrundeliegenden Erkrankungsursache bzw. des Verletzungsmusters stehen dabei im Vordergrund [3,4]. Unter standardisierten Bedingungen wird im Schockraum eine strukturierte und interdisziplinäre Patientenevaluation durchgeführt, die die Sicherung des Atemwegs (A), der Ventilation (B) und der Kreislauffunktion (C) einschließt und die Detektion und Behandlung von neurologischen Defiziten (D) und Expositionenfolgen (E) umfasst [1–6]. Dabei spielt die schnelle und sichere Etablierung von arteriellen und venösen Gefäßzugängen eine wesentliche Rolle, um

- Notfallmedikamente zu verabreichen (z. B. Vasopressoren, Analgesierung, Narkotika, Volumetherapie, Antibiose),
- Notfalllaborproben (z. B. Point-of-Care Blutgasanalysen, Standardlabor, Kreuzblut) abzunehmen,
- Kontrastmittelgabe bei der anschließenden Großgerätediagnostik (z. B. Computertomographie) zu applizieren,
- exakte Überwachung der Kreislauffunktion durchführen zu können.

1 Klinik und Poliklinik für Anästhesiologie und Intensivtherapie, Universitätsklinikum Leipzig (Direktor: Prof. Dr. S. Stehr)

2 Klinik für Anästhesiologie und Intensiv- und Notfallmedizin, Schmerztherapie, Berufsgenossenschaftliche Kliniken Bergmannstrost Halle (Chefarzt: Prof. Dr. H. Wrigge)

3 Klinik für Anästhesiologie, Intensivmedizin, Notfallmedizin und Schmerztherapie, Bundeswehrkrankenhaus Ulm (Chefarzt: Prof. Dr. M. Kulla)

4 Zentrum für klinische Akut- und Notfallmedizin, Uniklinik RWTH Aachen, AÖR (Ärztlicher Leiter: Priv.-Doz. Dr. J. Brokmann)

5 Klinik für Anästhesiologie und Operative Intensivmedizin, Medizinische Fakultät und Universitätsklinikum Köln (AÖR), (Direktor: Prof. Dr. B.W. Böttiger)

6 Institut für Rettungs- und Notfallmedizin, Universitätsklinikum Schleswig-Holstein, Kiel (Direktor: Prof. Dr. J.-T. Gräsner)

7 Klinik und Poliklinik für Anästhesiologie, Intensivmedizin, Notfallmedizin und Schmerztherapie, Universitätsklinikum Würzburg (Direktor: Prof. Dr. P. Meybohm)

8 Zentrale Notaufnahme, Heinrich-Heine-Universität, Universitätsklinikum Düsseldorf (Ärztlicher Leiter: Prof. Dr. M. Bernhard)

Interessenkonflikt

Die Autoren geben an, dass keine Interessenkonflikte bestehen.

Schlüsselwörter

Schockraum – Gefäßzugang – Notfallaufnahme – Zentraler Venenkatheter – Arterieller Zugang

Keywords

Resuscitation Room – Vascular Access – Emergency Department – Central Venous Catheter – Arterial Line

Durch die zeitkritischen Umstände und unter den erschweren Bedingungen eines kritischen Patientenzustands (z. B. hämodynamische Instabilität, Schock) kann die Etablierung von arteriellen sowie von peripheren und zentralvenösen Zugängen (ZVK) eine Herausforderung darstellen [7–13]. Dennoch sollte es im Rahmen der Instrumentierung zu keinem Zeitverzug kommen, um die Ursachen der zugrundeliegenden Erkrankungen/Verletzungen schnellstmöglich diagnostizieren und therapiieren zu können. Primär kann dabei auch auf bereits prähospital gelegte periphere Zugänge zurückgegriffen werden, die jedoch auf Funktionalität bzw. mögliche Fehllagen getestet werden sollten.

Darüber hinaus wird bei kritischen Patienten in der Regel zeitnah eine invasive arterielle Druckmessung (IAD) etabliert, die den Vorteil der direkten Beurteilung von Puls-/Blutdruckkurven und die Möglichkeit der Abnahmen arterieller BGAs bietet. Gestützt durch Empfehlungen von S3-Leitlinien sollen Patienten mit infarktbedingtem kardio- genem Schock mit einer IAD und mit arterieller BGA überwacht [14] und die invasive Beatmung von Patienten mit akuter respiratorischer Insuffizienz regelmäßig durch arterielle BGA kontrolliert und verifiziert werden [15]. Insbesondere bei Schwerverletzten soll die Beatmung ab dem Moment der Schockraumaufnahme mittels arterieller BGA gesteuert werden [16]. Bei der Diagnose eines Volumenmangels soll u. a. die zentralvenöse Sättigung (ScvO_2) erhoben werden [17] und alle Patienten, die im Rahmen einer akuten Sepsis Vasopressoren benötigen, sollen einen arteriellen Katheter erhalten [18]. Die S2k-Leitlinie für schwer brandverletzte Patienten empfiehlt die Anlage von ZVK und IAD/transpulmonale Thermodilution je nach Kreislaufstabilität und Verbrennungsausmaß bereits im Schockraum [19]. In den aktuellen European Resuscitation Council (ERC)-Leitlinien zur Post-Reanimationsbehandlung wird auf die Notwendigkeit einer BGA-gestützten Anpassung der inspiratorischen Sauerstoffkonzentration eingegangen. Ebenso wird empfohlen, dass bei Patienten mit ge-

zieltem Temperaturmanagement eine engmaschige Kontrolle des arteriellen Kohlendioxidpartialdrucks (PaCO_2) durchgeführt wird. Zusätzlich weisen die Leitlinien aus, dass alle Patienten mit einer kontinuierlichen arteriellen Blutdruckmessung überwacht werden sollen und dass es sinnvoll ist, bei hämodynamisch instabilen Patienten das Herzzeitvolumen zu überwachen [20]. Bei anderen Krankheitsbildern (z. B. bei akutem ischämischem Schlaganfall) existieren derzeit keine Vorgaben in Bezug auf die Notwendigkeit oder zum Zeitpunkt der Anlage invasiver Gefäßzugänge bei der Schockraumversorgung.

Vor dem Hintergrund eines stetigen Zuwachses an Forschungsarbeiten wurden kürzlich Empfehlungen relevanter Fachgesellschaften aktualisiert [21–26]. Die Studienlage für die Anlage von Gefäßzugängen bei Notfallpatienten ist immer noch unzureichend und beschränkt sich dabei hauptsächlich auf den Bereich des perioperativen und intensivmedizinischen Settings [22,26]. Insbesondere für die Schockraumversorgung existieren bislang nur wenige methodisch hochwertige Forschungsarbeiten [27]. Ziel der vorliegenden Übersichtsarbeit ist es, eine durch Experten validierte und in der klinischen Praxis anwendbare Hilfestellung zur invasiven Instrumentierung von Gefäßzugängen bei kritisch kranken und schwerverletzten Patienten im Schockraum zu geben.

Besonderheiten

Patientenbezogene Besonderheiten

Im Schockraum werden Patienten aus dem Rettungs- und Notarztdienst mit sehr unterschiedlichen Zuständen vom Schockraumteam übernommen. Das Spektrum kann kardiopulmonal und kognitiv stabile Patienten mit prophylaktischer Indikation für eine Schockraumversorgung (z. B. Hochrasanztrauma ohne relevante Verletzungen oder vitale Bedrohung) bis zu dekompensierten und reanimationspflichtigen Patienten umfassen [3,4]. Dabei bestimmen nicht nur individuelle Zustände, sondern auch Erkrankungen bzw. das Verletzungsmuster

die Notwendigkeit der Anlage invasiver Gefäßzugänge und auch die Auswahl der anatomischen Zielstrukturen. Im Bereich infizierter oder offen verletzter Hautareale, frakturierter Extremitäten oder bei bekannten Thrombosen der zu punktierenden Gefäße sollten keine Gefäßpunktionen durchgeführt werden. Es müssen bei der Instrumentierungsstrategie ggf. weitere Behandlungsschritte berücksichtigt werden (z. B. Anlage von Gefäßzugängen für die Resuscitative Endovascular Balloon Occlusion of the Aorta-Systeme (REBOA), Extracorporeal Cardio Pulmonary Resuscitation-Systeme (ECPR), Angiographie-Schleusen zur Blutungskontrolle, Koronarangiographie oder Schrittmachertherapie). Darüber hinaus sind bestimmte Erkrankungen und Verletzungsmuster mit anatomischen oder funktionellen Einschränkungen bei der Zugangsauswahl verbunden (z. B. Halswirbelsäulen-Immobilisation, Beckengurt und offene Extremitätenfrakturen bei Traumapatienten, Z. n. iliaco-femoralen Gefäßprothesenoperationen). Kritische Patienten mit Verdacht auf eine ansteckende Infektion mit hoher Virulenz (z. B. SARS-CoV-2/COVID-19-Patienten) stellen unabhängig von ihrer Erkrankung/Verletzung eine weitere Besonderheit dar. Obwohl diese Patienten oft direkt auf entsprechenden Infektions-Intensivstationen vorgestellt werden, können diese auch mit anderen, davon unabhängigen kritischen Erkrankungen/Verletzungen im Schockraum vorgestellt werden. Für die invasive Instrumentierung mit Gefäßzugängen bei diesen Patienten gelten prinzipiell die gleichen Standards; darüber hinaus wurden eigene Empfehlungen publiziert, die an deren besondere Behandlungsaspekte angepasst sind [25].

Infrastrukturbbezogene Besonderheiten

Die Schockrauminfrastruktur kann klinikabhängig sehr unterschiedlich sein. Selbst bei entsprechend standardisierten Personalvorgaben und Ausstattungen (z. B. Verfügbarkeit von point-of-care ultrasound (POCUS) Ultraschallgeräten) sind lokale Gegebenheiten oft ausschlaggebend für oder gegen die Entscheidung

der Anlage invasiver Gefäßzugänge im Schockraum [6,28]. Insbesondere die räumliche Nähe zu CT, Herzkatheter-OP, Intensivstation oder Operationssaal können dabei eine Rolle spielen. Abhängig von der hauseigenen Strategie führen beispielsweise einige Traumazentren die invasive Gefäß-Instrumentierung hauptsächlich vor der initialen CT-Diagnostik durch und andere danach [7].

Praktisches Vorgehen

Indikation

Für die Anlage von Gefäßzugängen sollte fallabhängig eine individuelle und kritische Überprüfung der Indikationsstellung durchgeführt werden, da diese mit Komplikationen und Zeitverlust verbunden sein können. Für die Anlage von ZVK und IAD sollte daher im Rahmen der ersten Evaluation im Team geklärt werden,

- 1) ob eine dringende Indikation dafür vorliegt (z. B. schwerer Schockzustand mit systolischen Blutdruckwerten (SBD) <90 mmHg und keine ausreichenden peripheren Zugänge) oder
- 2) ob es klinisch vertretbar ist, bei Vorhandensein mehrerer funktionell einwandfreier peripherer Zugänge bei zeitkritischen Versorgungen primär die Notfalldiagnostik (z. B. CT mit Kontrastmittel) durchzuführen und die Gefäßzugänge ggf. danach zu etablieren (z. B. nach Rücktransport in den Schockraum, auf der Intensivstation oder im Operationssaal).

Durchführende

Die notfallmäßige Anlage von ZVK und IAD ist selbst bei Erfahrenen mit einer hohen Rate an mechanischen Komplikationen assoziiert [8–13,29–36]. Daher sollte der Durchführende mit einer in der klinischen Routine erworbenen hinreichenden Sicherheit und praktischen Fertigkeit ausgestattet sein. Unter Berücksichtigung von Patientensicherheit und gebotener Dringlichkeit sollte dies im Schockraum und insbesondere bei kritisch kranken oder schwerverletzten Patienten nicht auf Unerfahrene übertragen werden, auch nicht im Sinne eines

„teachings“. Die Sonographie-gestützte Gefäßpunktion gehört in vielen Kliniken zur Routine und bietet auch bei Erfahrenen im Vergleich zum Landmarken-gestützten Vorgehen einen schnelleren Punktionserfolg bei geringerem Risiko für Fehlpunktionen [21–26]. Dennoch sollte der Durchführende über eine ausreichende Erfahrung bei der Landmarken-gestützten Punktion aufweisen (z. B. bei Ausfall des Sonographiegeräts).

Materialien und Katheterarten

Die vorgehaltenen Katheter sollten passend zu den Erfordernissen des individuellen Patienten sein. Für die Volumetherapie sollte berücksichtigt werden, dass die Durchflussrate eines Katheters von der Größe des Lumens und der Länge abhängt (Gesetz von Hagen-Poiseuille). So hat eine 14G periphere Venenverweilkanüle bei 5 cm Länge eine über vierfach höhere Durchflussrate (ca. 340 ml/h) im Vergleich zu einem 14G ZVK-Lumen bei 20 cm Länge (ca. 85 ml/min) [37]. Bei der Instrumentierung eines ZVK bei Patienten mit vorbestehendem oder als wahrscheinlich eingeschätztem Nierenversagen und notwendig werdender Nierenersatztherapie ist es sinnvoll, einen mindestens doppel-läufigen high-flow Hämodialysekatheter (z. B. Shaldon-Katheter) zu platzieren. Bei Patienten in massivem Schockzustand sollten großlumige Schenkel für die Anwendung eines mechanischen Rapid-Infusion-Systems (RIS) verfügbar sein, um eine effektive Volumen- und Transfusionstherapie zu gewährleisten. Dafür sind sowohl Shaldon-Katheter (ggf. mit zusätzlich drittem Lumen für Vaso-pressorinfusion), ZVK mit singulärem großem Lumen oder venöse Schleusen geeignet. Bei der Verwendung von großlumigen Schleusen empfiehlt sich eine zusätzliche Punktions- und Einführung eines normalen dreilumigen ZVK, um weitere Medikamente kontinuierlich verabreichen zu können. Bei Patienten mit Sepsisverdacht und/oder Wahrscheinlichkeit einer langen Liegedauer können antimikrobiell beschichtete Katheter sinnvoll sein. Für eine generelle Empfehlung beschichteter Katheter existiert jedoch momentan keine ausreichende Datenlage [38]. Bei der arteriellen Ka-

theterisierung können bei der Punktion distaler Arterien sowohl Systeme zur Direkt punktion (z. B. Switch® Vygon) als auch Seldingersysteme verwendet werden. Punktions der Arteria femoralis werden meist mit Seldingersystemen durchgeführt, ggf. können spezielle Katheter mit einer für Thermodilution geeigneten Sensorik zur Messung des Herzzeitvolumens (z. B. Pulse Contour Cardiac Output, PiCCO®-System) verwendet werden. Einschränkend dazu sollte beachtet werden, dass im Schockraum selbst jedoch aus Zeitgründen meist eine Pulskontur-Herzzeitvolumenmessung nicht praktikabel ist, sondern im Behandlungsverlauf erst auf der Intensivstation erfolgt [39].

Vorbereitung

Bei im Team bestätigter Indikation zur Durchführung invasiver Gefäßzugänge werden die idealerweise bereits auf fahrbaren Tischen vorbereiteten sterilen Materialien entsprechend der Wahl des Zugangsweges im Schockraum positioniert. Die Ablage der Materialien auf dem Patienten während der Katheterisierung sollte vermieden werden. Ein Sonographiegerät mit geeigneter Linearsonde sollte bereits vor Ankunft des Patienten eingeschaltet und betriebsbereit sein und sich in einer räumlichen Position befinden, in der es nicht bei der Patientenevaluation stört. Die zu punktierenden Gefäße werden vor den konkreten Vorbereitungen am Patienten angekündigt und im Teamkonsens bestätigt. Im Rahmen der Vorankündigung bei Patienten in kritischer Kreislauf- oder Beatmungssituation oder Transport/Ankunft unter Reanimation können die Materialien bereits geöffnet und punktionsfertig vorbereitet und bis zum Eintreffen des Patienten mit einer sterilen Abdeckung bereithalten werden. Die für die Punktion erforderliche Basisüberwachung sollte aus EKG-Monitoring, Pulsoxymetrie und nichtinvasiver Blutdruckmessung (NIBD) bestehen. Dabei sollte die NIBD-Messung bei Anlage eines IAD-Zugangs nicht an der zu punktierenden Extremität durchgeführt werden. Bei spontanatmenden Patienten kann über eine Sauerstoffmaske ggf. eine Kapnometrie abgeleitet werden.

Hygiene

Der die Katheterisierung durchführende Arzt arbeitet entsprechend vorgegebener klinischer Hygienestandards (Mund-Nasen-Schutz, OP-Haube, Schutzbrille/Face shield, steriler Kittel, sterile Handschuhe). Eine (unsterile) Pflegekraft assistiert bei der Durchführung. Die Lagerung für die Punktion findet oft parallel zur körperlichen Untersuchung des Patienten durch weitere Teammitglieder statt. Wenn der Patientenzustand es erlaubt, kann eine Lagerung in Trendelenburg-Position durch die Vergrößerung des Jugularvenendurchmessers zu einer Erleichterung bei der Punktion beitragen [39]. Es folgt die Desinfektion der Punktionsstelle(n), wobei die empfohlene Einwirkdauer unter zeitkritischen Umständen abhängig vom Patientenzustand nicht immer eingehalten werden kann [40–42]. Deshalb sollte die Liegedauer der im Schockraum platzierten Katheter auf die Akutphase beschränkt sein und es sollten zeitnah Neuanlagen erfolgen (gemäß Robert Koch-Institut innerhalb von 24 Stunden [43]).

Sonographie und Punktions

Die anatomisch sinnvollen Punktionsorte und Landmarken entsprechen weitgehend den bekannten und publizierten klinischen Standards [7,21–26]. Diese sind für den ZVK die Vena jugularis interna, Vena subclavia und Vena femoralis und für IAD die Arteria radialis und die Arteria femoralis. Prinzipiell ist eine schnelle unsterile sonographische Voruntersuchung, um etwaige grobe anatomische Variabilitäten oder Aplasien zu entdecken, sinnvoll, bevor die Punktionsstelle desinfiziert und abgedeckt wird [44]. Entscheidet man sich dann für ein Gefäß, dann kann bei wachen Patienten abhängig vom klinischen Zustand eine Lokalanästhesie vor der Gefäßpunktion durchgeführt werden. Der Schallkopf wird in eine sterile Hülle eingepackt, die Hautoberfläche noch einmal mit Desinfektionsmittel lubrifiziert und der Situs während des kompletten Punktionsvorgangs visualisiert. Eine Out-of-plane-Punktion ermöglicht die Visualisierung benachbarter Gefäße,

während eine In-plane-Punktion die Visualisierung der Gefäßhinterwand ermöglicht. Die Tiefe des zu punktierenden Gefäßes und der entsprechende Abstand zum Schallkopf sind zu beachten, wobei zur Führung der Punktnadel eine 45° Winkelnavigation oder eine „Walk-down“-Technik möglich ist [45]. Nach dem Einführen des Seldingerdrahtes wird dieser visualisiert und die intravasale Lage bestätigt. Es folgt das Zurückziehen der Punktskanüle unter Kompression der Punktsstelle mit einem sterilen Tupfer. Dann wird ggf. ein Dilatator eingebracht, dieser entfernt und dann der ZVK oder der IDM-Katheter inseriert. Zu beachten ist, dass das zu tiefe Einführen des Seldingerdrahtes eine kardiale Arrhythmie auslösen kann, die bei instabilen Patienten eine kritische Situation ggf. weiter agraviert. Daher sollte ein minimales Standardmonitoring (EKG, NIBP, Pulsoxymetrie) während des kompletten Katheterisierungsvorgangs verfügbar sein (Pulston mit entsprechend hörbarer Lautstärke).

Für die Sonographie-gestützte Punktionsstelle existieren mittlerweile für alle zentralvenösen Zugangswege Studien, die eine Überlegenheit gegenüber Landmarkengestützter Punktionsstelle zeigen [21–27,46–48]. Die Sonographie ist insbesondere bei zu erwartenden schwierigen Punktionsverhältnissen durch schockbedingte reduzierte intravasale Volumina empfehlenswert. Ideal ist die Verfügbarkeit eines zweiten Ultraschallgeräts zur Sonographie-gestützten Gefäßpunktion parallel zur Durchführung eines POCUS-Protokolls, z. B. eFAST (extended focussed assessment with sonography for trauma) bei traumatologischen Patienten oder RUSH (rapid ultrasound in shock), FATE (focus assessed transthoracic echo) oder FEEL (focused echocardiography in emergency life support) bei konservativen Patienten.

In einer kürzlich veröffentlichten randomisierten kontrollierten Studie mit Schwerverletzten mit Indikation zur Anlage von arteriellen und zentralvenösen Zugängen über die Femoralgefäße konnte gezeigt werden, dass die Sonographie-gestützten Punktionsstelle im

Schockraum eine geringere Rate an mechanischen Komplikationen, weniger Früh- und Spätkomplikationen, weniger tiefe Beinvenenthrombosen und höhere Erfolgsraten erzielten als Landmarkengestützte Punktionsstelle [27].

Auch für die sonographisch geführte Punktionsstelle bei der Anlage von IAD gibt es mittlerweile eine solide Datengrundlage [49–53]. Eine Pulspalpation kann vor der Punktionsstelle Aufschluss über eine Zugangsmöglichkeit geben. Dabei sind klinikspezifische Besonderheiten zu berücksichtigen (z. B. Standardzugang für Herzkatheteruntersuchung radial oder femoral bzw. links oder rechts) und ggf. erforderliche Gefäßinterventionen (z. B. REBOA oder Angiographie zur interventionsradiologischen Blutungskontrolle) in Betracht zu ziehen, die zu einer Schonung bestimmter Gefäße veranlassen können. Bei Patienten mit Aortendissektion wird die Anlage einer IAD in der linken Arteria radialis empfohlen, da diese perioperativ in der Phase der selektiven antegradien Hirnperfusion eine korrekte Einschätzung des zentralen Perfusionsdrucks erlaubt [54]. Vor der Punktionsstelle der Arteria radialis kann in der Regel auf einen Test zur adäquaten arteriellen Kollateralisierung (Allen-Test) verzichtet werden [55,56].

Lagekontrolle und Funktionstest

Nach Anlage insbesondere eines thorakozervikalen ZVK ist eine Lagekontrolle erforderlich, um mögliche Fehllagen erkennen zu können, die zu lagebedingten Verletzungen und Gefäßwandarrosionen führen können. Um dies zu vermeiden, sollte

- 1) die ZVK-Spitze in der distalen Vena cava superior über dem cavo-atrialen Übergang liegen,
- 2) die ZVK-Spitze außerhalb des Perikards liegen,
- 3) der ZVK kontaktfrei parallel zum Gefäß verlaufen und
- 4) der Winkel zwischen ZVK und Gefäßwand kleiner als 40° sein (insbesondere bei Punktionsstellen der linken Vena jugularis interna und der linken Vena subclavia) [29–34,57,58].

Die Lagekontrolle entfällt, wenn ausschließlich eine venöse Schleuse angelegt wird, deren distales Ende nicht bis in den unteren Bereich der Vena cava superior reicht.

Die klinische, nicht-apparative Lagekontrolle erfolgt durch

- 1) freie Aspirierbarkeit von Blut bei allen Schenkeln des Katheters,
- 2) Abnahme einer BGA zum Ausschluss einer arteriellen Fehllage und
- 3) Sichtkontrolle des Flüssigkeitsspiegels im Lumen bzw. Anschluss des ZVK an die invasive Blutdruckmessung; dabei wird entweder ein plausibler zentralvenöser Druck (ZVD) oder eine pulsierende Kurve bei arterieller Fehllage sichtbar.

Intravasale EKG-Kontrolle: Als Lagekontrolle beim thorakozyervikalen Zugangsweg bietet sich die Nutzung der intravasalen EKG-Diagnostik zur ZVK-Spitzen detektion an, da sie nichtinvasiv, schnell und sicher ist [59]. ZVK-Spitzenpositionen von linksseitig gelegten thorakozyervikalen Zugängen sollten zusätzlich radiologisch kontrolliert werden [60]. Sowohl die Einführtiefe als auch die ZVK-Position bei maximaler P-Wellen-Erhöhung sollten protokolliert werden. Es ist zu beachten, dass die EKG-Methode bei Patienten mit absoluter Arrhythmie/Vorhofflimmern bei Fehlen einer P-Welle nicht durchführbar ist.

Sonographie: Eine weitere sonographische ZVK-Lagekontrolle bei thorakozyervikalem Zugangsweg ist möglich (z. B. Bubble-Test bzw. indirekt durch Ausschluss Pneu durch lung sliding sign) [48,61–64]. In der Praxis kann dies jedoch bei Adipositas oder Emphysem nicht immer möglich sein. Theoretisch ist auch eine direkte Visualisierung der ZVK-Spitze durch eine transösophageale Echokardiographie (TEE) denkbar, die im Schockraum jedoch nicht flächen deckend vorgehalten und praktikabel ist.

Röntgen- oder CT-basierte Kontrolle: In vielen Kliniken gilt die radiologische Kontrolle des ZVK als Standard. Im Röntgen thoraxbild kann der Katheterverlauf und dessen Spitzenposition visualisiert

werden. Die Zuordnung der ZVK-Spitze zu anatomischen Strukturen wurde in vielen Studien untersucht. Eine ZVK-Spitzenlage oberhalb der Carina gilt als hinreichend wahrscheinliche Position außerhalb der perikardialen Umschlag falte [65–67]. Studien mit TEE zeigten jedoch auch, dass es mittels Röntgen thoraxuntersuchung nicht immer zuverlässig möglich ist, eine intraatriale Position der ZVK-Spitze auszuschließen [68].

Abhängig vom Erkrankungs- oder Verletzungsmuster kann im Rahmen der initialen Notfalldiagnostik durchgeführtes CT zur Lagekontrolle von Gefäßzugängen dienen. CT-Lagekontrollen sind präzise den anatomischen Strukturen zuordnbar und lassen entsprechende Fehllagen gut erkennen. Nach Trauma-Schockraum-ZVK-Anlagen wurde dabei beispielsweise eine hohe Inzidenz von intraatrialen Fehllagen nachgewiesen [69].

Formeln zur Lagekontrolle: Für die Anlage thorakozyervikaler ZVK existieren diverse Formeln zur Abschätzung der optimalen Einführtiefe, die sich meist auf die Körpergröße des Patienten beziehen [70]. Aus Sicherheitsgründen können diese Formeln bei individuell variabler Anatomie nicht empfohlen werden [71–74]. Dies gilt auch für pauschale Einführ tiefen (z. B. Vena jugularis interna und Vena subclavia rechts 13–15 cm bzw. links 15–17 cm) [75]. Es sollte immer eine Validierung der ZVK-Spitzenposition erfolgen.

Bei Anlage von IAD gilt die Anzeige einer pulsierenden Blutdruckkurve mit Werten dem NIBD vergleichbar und die BGA als Instrument der Lagekontrolle.

Fixation und Sicherung

Die sichere Fixation der invasiven Zugänge ist wichtig bei entsprechend häufigem Umlagern (z. B. Schockraum-Stretcher, CT-Tisch, Operationstisch, Bett von Intensivstation). Daher wird insbesondere bei kritischen und kaltschweißigen Patienten deren Annaht empfohlen (bei ZVK und bei IDM an femoralen Punktionssstellen obligatorisch; am pro

ximalen Arm in Abhängigkeit von der individuellen Patienten anatomie). Dabei sollte die Annaht für einen Dislokationsschutz bei ZVK insbesondere an den Verteilerösen und nicht nur an den Klemmen erfolgen [76]. Darüber hinaus sollte ein sorgfältiger Verband die Punktionssstellen abdecken. Die Einführtiefe des ZVK sollte bei thorakozyervikalen Zugängen dokumentiert werden. Diese sollte sowohl im Schockraumprotokoll als auch auf dem ZVK-Verband schriftlich (Angabe in cm ab Hautniveau) vermerkt werden.

Mechanische Komplikationen

Die Rate an iatrogenen mechanischen Komplikationen bei ZVK-Anlagen ist bei kritisch kranken/schwerverletzten Patienten auch bei erfahrenen Anwendern mit bis zu 12 % und bei IAD mit 9,4 % im Vergleich zu Routinesituat ionen deutlich erhöht [7–13,29–35]. Mechanische Komplikationen bei ZVK sind meist arterielle Fehlpunktionen mit Blutungen/Hämatomen, Pneumothorax oder Drahtprobleme [29–34]. Mechanische Komplikationen können zur Verlängerung der Zeit bis zur Diagnostik und Therapie führen oder sogar operative/interventionelle Maßnahmen als Konsequenz haben (z. B. Drahtbergung bei intravasalem Drahtverlust oder Verschluss einer arteriellen Läsion) [77]. Unbemerkte Dislokationen (z. B. im Rahmen von Umlagerungen) können ggf. zu Extravasationen, Blutungen oder Luftembolien führen. Bei prolongierten frustrierten peripheren Gefäßpunktionen bei kritischen Patienten sollte frühzeitig und ggf. parallel zur Überbrückung ein intraossärer Zugang etabliert werden [78,79]. Die Protokollierung des gesamten Anlagevorgangs sowie die schriftliche Dokumentation von Punktionsschwierigkeiten und mechanischen Komplikationen sollten erfolgen, um diese ggf. radiologisch nachvollziehen oder ausschließen zu können. Nichtmechanische Komplikationen sind in der Regel bakterielle Besiedelungen und Infektionen, die erst nach der Akutphase klinisch relevant werden und die Wichtigkeit der Einhaltung steriler Kautelen unterstreichen (siehe Abschnitt „Hygiene“).

Gefäße

Periphervenöser Zugang

Die Etablierung periphervenöser Zugänge gehört zu den wichtigsten klinischen Basismaßnahmen bei Notfallpatienten. Punktionsstellen sollten primär so distal wie möglich durchgeführt werden, um nachfolgende Leckagen/Paravasate bei perforierten Gefäßen im Abflussweg zu vermeiden. Die Vena jugularis externa nimmt eine Sonderstellung ein und wird sowohl zu den peripheren als auch zu den zentralen Zugängen gezählt (Abschnitt „Vena jugularis externa“) [80]. Periphere Gefäßzugänge sollten wann immer möglich nicht an frakturierten Extremitäten angelegt werden. Die kontinuierliche Verabreichung von Katecholaminen über einen peripheren Venenzugang gilt mittlerweile als sicher, wenn diese über einen ausschließlich dafür etablierten Zugang und bei niedrigen

Konzentrationen (z. B. Noradrenalin 0,02 %, 1 mg/50 ml Natriumchlorid) erfolgt [81–87]. Kontrastmittel-Extravasationen können bei peripheren Zugängen am proximalen Oberarm etwas häufiger auftreten als am Unterarm oder in der Ellenbeuge, sind jedoch bei sicherer Lage vertretbar [88]. Die sonographiegestützte Anlage von peripheren Venenzugängen ist ein wertvolles Instrument bei schwierigem Venenstatus und kann ggf. eine ZVK-Anlage vermeiden lassen [89–94]. Darüber hinaus kann die Verwendung von Nahinfrarotlicht bei schwierigem Venenstatus erwogen werden [94,95].

Venae sectio

Das chirurgische Aufsuchen und Freilegen von peripheren Venen (z. B. Vena saphena und Vena cephalica) ist eine invasive Maßnahme, die Ausbildung und Übung erfordert. War dies in Zeiten vor der flächendeckenden Verbreitung von Sonographie und intraossärem Zugang

eine verbreitete Methode, so hat ihr Stellenwert in den letzten Jahrzehnten erheblich an Bedeutung verloren. Dennoch kann die chirurgische Freilegung einer peripheren Vene durch einen ausgebildeten Operateur eine schnelle Option für die Etablierung eines venösen Zugangs sein [96,97].

Zentralvenöser Zugang

Die Etablierung eines ZVK bietet im Vergleich zum peripheren Zugang mehr Sicherheit bezüglich Dislokation und der Verabreichung vasoaktiver Substanzen und bietet zudem die Möglichkeit der Messung von ZVD und ScvO₂ (Tab. 1). Bei Verwendung großlumiger Schleusen und Hämodialysekatheter sind hohe Flussraten zur Volumentherapie möglich. Darüber hinaus sind zentralvenöse Zugänge für eine akute transvenöse Schrittmachertherapie und zur Hämodiafiltration bzw. Hämodialyse erforderlich.

Tabelle 1

Punktionsorte für die Anlage von zentralvenösen Kathetern.

	Pro	Contra
Vena jugularis interna	<ul style="list-style-type: none"> anatomisch günstiger Verlauf rechtsseitig Standardzugang in klinischer Routine sonographisch gut darstellbar in Verbindung mit arteriellem Sensor geeigneter Zugang für transpulmonale Indikator-Herzzeitvolumenmessung (HZV) 	<ul style="list-style-type: none"> bei Fehlpunktion Läsion der Arteria carotis möglich (Risiko von ausgedehntem Hämatom, zervikalem Kompartiment und Apoplex) Risiko von Nervenläsionen (Plexus brachialis, Nervus vagus, Nervus phrenicus) Risiko von Pleuraläsionen und Pneumothorax bei tiefer Punktionsstelle bei linksseitiger Punktionsstelle Risiko von Läsion des Ductus thoracicus und schwieriger Drahtplatzierung durch Gefäßverlauf nicht praktikabel bei Halswirbelsäulen-Immobilisation nicht empfehlenswert bei Verdacht auf erhöhten intracranialen Druck
Vena jugularis externa	<ul style="list-style-type: none"> Punktionsstelle bei adäquater Füllung einfach möglich für kurze Katheter (periphere Verweilkatheter oder Schleusen) geeignet 	<ul style="list-style-type: none"> Vene mit geringer Fixierung im Bindegewebe, Fehlpunktionen relativ häufig bei Seldinger-Technik häufig Probleme bei Drahtplatzierung durch Stenose an Gefäßmündung
Vena subclavia	<ul style="list-style-type: none"> anatomisch weniger anfällig für Kollaps bei ipsilateraler Thoraxdrainage günstig geeignet für transpulmonale HZV-Messung (wie Vena jugularis) bei Halswirbelsäulen-Immobilisation erreichbar bei Beckengurt erreichbar Hygiene und Comfort für Patienten günstig 	<ul style="list-style-type: none"> Risiko von Pneumothorax/Hämatothorax dadurch iatrogene invasive Maßnahmen (Anlage Thoraxdrainage) möglich bei Fehlpunktion Läsion der Arteria subclavia und Ductus thoracicus möglich
Vena femoralis	<ul style="list-style-type: none"> anatomisch leicht erreichbar sonographisch gut darstellbar Doppelpunktion für arteriellen Zugang möglich 	<ul style="list-style-type: none"> nicht für transpulmonale HZV-Messung geeignet Thrombose- und Infektionsrisiko bei langer Liegedauer erhöht bei ausgedehnten Beckenverletzungen ungünstig bei zu hoher Punktionsstelle Risiko von Darmperforationen, retro- und intraperitonealen Hämatomen

Vena jugularis interna: Die Punktions der Vena jugularis interna ist der ZVK-Standardzugang in der klinischen Routine [21–24]. Durch die direkte Mündung der rechten Vena jugularis interna in die Vena cava superior bietet diese anatomische Vorteile. Darüber hinaus ist sie für Rechtshänder leichter zu punktieren. Im Gegensatz dazu hat ein Katheter über die linke Vena jugularis interna einen vergleichsweise längeren intravasalen Verlauf. Damit steigt die Gefahr von intravasalen Wandarrosionen durch den ZVK. Die Punktions kann durch eine moderate Trendelenburgposition (15–30° Kopftieflage) und eine leichte Kopfdrehung von der Punktionsseite weg erleichtert werden.

Punktionen der Jugularvenen sind im Schockraum bei noch anliegender HWS-Immobilisation schwer bis nicht praktikabel. Bei begleitenden Schädel-Hirn-Traumata und hinreichender Kreislaufstabilität wird eine Oberkörperhochlagerung empfohlen, was für die Jugularvenenpunktion bei intravasalem Volumenmangel auch unter sonographischer Sicht problematisch sein kann (keine Trendelenburg-Position zu empfehlen). Außerdem können entsprechende Manipulationen am Hals zu einer venösen Abflusstörung führen, die bei Vorliegen intrakranieller Blutungen oder Ödemen und entsprechend niedrigem cerebralen Perfusionsdruck hirndruck-relevant sein kann. Die sonographiegestützte Punktions wird meist out-of-plane durchgeführt, um die benachbarte meist posteromedial liegende Arteria carotis im Blick zu haben. Bei Nichtverfügbarkeit eines Ultraschallgeräts wird die landmarkengestützte Punktions durchgeführt. Der mit am häufigsten verwendete Zugangsort ist der ventrale (anteriore) Zugang. Er befindet sich in der Mitte zwischen Mastoid und Clavicula auf Höhe des Kehlkopfes. Unter Palpation des Carotispulses wird lateral der Arteria carotis und medial des Musculus sternocleidomastoideus in Richtung auf die ipsilaterale Mamille punktiert. Dabei befindet sich die Vene selten tiefer als 2 cm und wird häufig erst beim Rückzug der Punktionskanüle erkannt.

Vena jugularis externa: Im Gegensatz zur Vena jugularis interna kann die Vena jugularis externa von außen am Hals im Bereich des Musculus sternocleidomastoideus visualisiert und palpirt werden. Dies kann durch Trendelenburgposition und manuelle supraclavikuläre Kompression verstärkt werden. Insbesondere bei erfolglosen peripheren Venenpunktionsversuchen kann dieser Zugangsweg als schnelle Alternative in Erwägung gezogen werden [98]. Wird die Seldinger-Technik für die Einführung eines ZVK angewendet, so können Arm-lagerungs-Manöver die Platzierung des Drahtes erleichtern [98]. Kontraindikationen der Punktions der Vena jugularis externa entsprechen denen der Vena jugularis interna (z. B. HWS-Immobilisation). Der Punktionserfolg bei landmarkengestützter Punktions wird mit 68 % bis 92 % beschrieben und bei sonographiegestützter Punktions mit bis zu 100 % [98–103].

Vena subclavia: Die Punktions der Vena subclavia wird in einigen Zentren als Standardzugang bei der Schwerverletztenversorgung verwendet, wobei unter kontrollierter Überdruckbeatmung mit positiv endexspiratorischem Druck (PEEP) bei pleuraler Fehlpunktions die größte Gefahr eines iatrogenen Pneumothorax besteht [29–34]. Konsekutiv steigt dabei die Gefahr einer Überführung eines punktionsbedingten Pneumothorax in einen Spannungspneumothorax. Generell bietet sich ein Subclaviazugang bei ipsilateraler Thoraxverletzung bzw. Anlage einer ipsilateralen Thoraxdrainage an [7]. Ein weiterer Entscheidungsgrund für oder gegen eine Punktions der Vena subclavia könnte die fehlende Komprimierbarkeit von außen und die schlechtere sonographische Darstellbarkeit gegenüber der Vena jugularis oder Vena femoralis sein. Insbesondere bei Patienten unter oraler Antikoagulation oder mit Gerinnungsstörungen sollte der Zugang über die Vena subclavia nur von Erfahrenen gewählt werden. Darüber hinaus sollte die Punktions der Vena subclavia vermieden werden bei Patienten, die respiratorisch grenzwertig sind bzw. bei denen Gefahr für das Auftreten eines Pneumothorax besteht

(z. B. bei chronisch obstruktiver Lungenerkrankung, Asthma bronchiale oder Lungenemphysem). Die sonographiegestützte Punktions sollte in-plane verlaufen, um bei gegebenem Risiko für einen Pneumothorax und Hämatothorax die Venenhinterwand während des Punktionsprozesses darstellen zu können. Beim landmarkengestützten Zugang steht der Punktierende neben dem Patienten auf der Punktionsseite. Es wird der Bereich der Claviculamitte punktiert und die Kanüle unter Knochenkontakt entlang der Clavicula nach unten geführt. Dann erfolgt eine leichte Drehung und die Stichrichtung nach medial (jugular) bei leicht aufwärts gerichteter Kanüle. Ähnlich wie bei linksseitigen Jugularvenen sind auch linksseitige Subclaviavenen prinzipiell punktierbar, aufgrund ihrer anatomischen Lage jedoch mit einem höheren Risiko für zu proximale Katheterspitzenpositionen und ungünstige intravasale Katheterspitzenpositionen assoziiert, was das Risiko von iatrogenen Venenwandläsionen erhöhen kann. Dies ist insbesondere bei linksseitig eingeführten großlumigen Dialysekathetern zu beachten.

Vena femoralis: Die Katheterisierung der femoralen Gefäße ist vergleichsweise einfach zu etablieren und sowohl Vene als auch Arterie können in einem Arbeitsschritt punktiert werden [7–13,27]. Dabei sind iliacofemorale Gefäße selbst bei ausgeprägten Bein-/Beckenverletzungen meist leicht auffindbar und punktierbar. Zur Erleichterung der Punktions kann ein Kissen unter das Gesäß platziert werden und das zu punktierende Bein leicht außenrotiert und abduziert positioniert werden. Die sonographiegestützte Punktions bietet sich primär out-of-plane an, um Vene und Arterie unterscheiden zu können. Steht kein Ultraschall zur Verfügung, befindet sich die Landmarke ca. 3–5 cm unterhalb des Leistenbandes. Unter Palpation der Arteria femoralis wird ca. 1 cm medial die Vena femoralis punktiert. Hier bietet sich der Merkspruch IVAN an (= Innen Vene > Arterie > Nerv). Bei absehbar kurzer Liegedauer (<5 Tage) existiert beim femoralen Zugang im Vergleich zum Jugularvenen- und zum Subclavia-

Zugang kein Unterschied bezüglich der Infektionsrate [104,105]. Femorale ZVK sind für eine längere Verweildauer nicht geeignet bei erhöhter Thrombosegefahr im Vergleich zu thorakozervikalen ZVK [21–24].

Arterieller Zugang

Der arterielle Zugang dient in erster Linie dem hämodynamischen Monitoring und zur Gewinnung von arteriellen BGA. Damit werden insbesondere bei Patienten mit grenzwertiger Kreislaufsituation akut erforderliche Maßnahmen (differenziertes Katecholamin- und Volumenmanagement und Transfusionen von Blutprodukten) indiziert und gesteuert (Tab. 2).

Arteria radialis: Die Punktions der Arteria radialis ist der am häufigsten durchgeführte arterielle Zugangsweg im Rahmen der Anästhesie. Wurde früher standardmäßig der sogenannte Allen-Test zur Prüfung einer ausreichenden Kollateralisierung durchgeführt, so ist dies bei hinreichender Datenlage mittlerweile nicht mehr obligat notwendig [55,56]. Frühzeitig sollte eine sonographisch gestützte Punktions in Erwägung gezogen werden, da sich diese in einigen Studien gegenüber landmarkengestützten Anlagen überlegen zeigte [49–51]. Zur Punktions kann eine leichte Streckung des Handgelenkes hilfreich sein, die

unter Verwendung von Lagerungsmitteln (z. B. eine Packung Kompressen oder eine 100 ml Flasche als Hypomochlion) mit Pflaster fixiert werden kann. Bei V. a. Aortendissektion sollte der linke Arm für die Anlage einer IAD verwendet werden [54]. Bei der Seitenwahl sollte ggf. an hauseigene Standards zur Herzkatheteruntersuchung gedacht werden, um die Abläufe nicht unnötig zu erschweren.

Arteria femoralis: Bei der Punktions der Arteria femoralis gelten die gleichen anatomischen Voraussetzungen wie für die Punktions der eng benachbarten Vena femoralis (Abschnitt „Vena subclavia“). Die sonographiegestützte Punktions ist gegenüber der konventionellen Punktions überlegen hinsichtlich Punktionserfolg und Geschwindigkeit [27,52,53]. Vor allem bei frakturierten Extremitäten und bei Patienten mit ausgeprägter Schocksymptomatik bietet sich dieser Zugangsweg an. Selbst bei Frakturierung des Beckens kann zumindest temporär ein femoralarterieller Zugang etabliert werden. Femoralarterien sind auch übliche Zugangswägen im Rahmen von interventionellen Versorgungen. Beispielsweise im Rahmen der Etablierung von Angiographie-Schleusen zur perkutanen Koronarintervention (PCI) oder zur radiologischen Blutungskontrolle, Einbringen

von REBOA-Systemen oder von extrakorporaler Membranoxygenation (ECMO) bei Hypothermie, Lungenvorlagen (acute respiratory distress syndrome, ARDS) oder im Rahmen der extrakorporalen kardiopulmonalen Reanimation (ECPR). Bei Patienten mit Symptomen von Sepsis und Multiorgandysfunktion kann die primäre Punktions mit einem mit Thromodilutionssensorik ausgestatteten arteriellen Katheter erwogen werden, der in Verbindung mit einem thorakozyrkalen ZVK dann auf der Intensivstation zur Messung von Herzzeitvolumen und extrapulmonalem Lungenwasser genutzt werden kann [38,106,107].

Alternative Arterien: Proximale Arterien (Arteria brachialis und Arteria axillaris) können als Second-line-Punktionsorte in Erwägung gezogen werden, wenn kein Zugang über die Arteria radialis und Arteria femoralis möglich ist. Hierbei ist die Zuhilfenahme der Sonographie zum Auffinden des Gefäßes und zur direkten Visualisierung des Punktionsvorgangs hilfreich [108–110]. Es ist zu beachten, dass Fehlpunktionen der proximalen Arterien durch die dickeren Gefäßdurchmesser und die Versorgungscharakteristika für die distal gelegenen Regionen ein höheres Komplikationspotenzial (z. B. Hämatombildung, Nervenkompression, Ischämie) aufweisen als bei der Arteria radialis. Darüber hinaus kann die Punktions der Arteria dorsalis pedis bei Nacherreichbarkeit der Arterien oder der Arteria femoralis eine sichere und leicht erreichbare Alternative sein [111,112].

Tabelle 2

Punktionsorte für die Anlage invasiver arterieller Druckmessung.

	Pro	Contra
Arteria radialis	<ul style="list-style-type: none"> Standardzugang in klinischer Routine sonographisch gut darstellbar HZV-Messung mit entsprechenden Sensoren mgl. 	<ul style="list-style-type: none"> nicht praktikabel bei Frakturen und ausgedehnten Verletzungen im Schock oft nicht gut palpabel
Arteria femoralis	<ul style="list-style-type: none"> simultane Punktions mit Vena femoralis in einem Arbeitsschritt transpulmonale Indikator-HZV-Messung mit entsprechendem Sensor mgl. 	<ul style="list-style-type: none"> bei ausgedehnten Beckenverletzungen ungünstig Thrombosegefahr und Infektionsrisiko bei langer Liegedauer erhöht
Arteria brachialis und Arteria axillaris	<ul style="list-style-type: none"> anatomisch leicht erreichbar sonographisch gut darstellbar dickeres Lumen als Arteria radialis Reservezugang bei frustraner Punktions von Arteria radialis oder femoralis 	<ul style="list-style-type: none"> Ischämiegefahr bei Fehlpunktionen

Gefäßzugangskonzepte für häufige Notfallsituationen

Schwerverletzte Patienten / Polytrauma

Patienten mit V. a. schweren Verletzungen werden meist bereits vom Rettungsteam mit Halswirbelsäulen-Immobilisationschiene und Beckengurt ausgestattet im Schockraum vorgestellt. Dabei ist die Punktions der Vena jugularis bis zur initialen CT-Diagnostik nicht praktikabel. Beim Vorliegen von schweren

Thoraxverletzungen bzw. bei einer bereits liegenden Thoraxdrainage bietet sich die verletzte bzw. drainierte Seite für die Anlage eines Vena subclavia-ZVK an. Ebenfalls praktikabel ist die Anlage eines Vena femoralis-ZVK (abhängig vom Vorhandensein eines Beckengurtes) und eine simultane Punktionsanlage der Arteria femoralis bei bereits vorliegender steriler Abdeckung. Bei schweren Verletzungen des Abdomens, des Beckens und bei aktiven Blutungen der unteren Extremitäten kann die Etablierung eines REBOA-Systems indiziert sein. Dabei sollten die hausüblichen Standards zur Punktionsanlage und die Größe der REBOA-Schleuse bedacht werden (üblicherweise 7 Fr-Schleuse über die Arteria femoralis [113–115]).

Neurotrauma, Apoplex und Intrakranielle Blutung

Aufgrund einer möglichen Einflussstauung bei der Anlage von Vena jugularis-ZVK sollte dieser vermieden werden und für die Akutsituation in erster Linie ein Vena femoralis-ZVK etabliert werden. Kopftieflagerungen sollten unbedingt vermieden werden, um ggf. Hirndruckspitzen vorzubeugen.

Kardialer Risikopatient

Bei kardialen Risikopatienten mit Indikation für einen ZVK (z. B. Katecholamintherapie oder transvenöse Schrittmachertherapie) ist zu beachten, dass

viele Patienten bereits durch das Retungsteam oder im Rahmen der Hausmedikation Antikoagulantien oder Thrombozytenaggregationshemmer verabreicht bekommen. Dies kann fehlpunktionbedingte Blutungen agravieren. Als erste Wahl für einen ZVK-Punktionsort bietet sich die Vena jugularis interna an. Diese sollte aus genannten Gründen prinzipiell sonographiegestützt punktiert werden. Die hausinternen Zugangsorte für eine PCI sollten bei der Wahl des Punktionsortes für die IAD berücksichtigt werden.

Respiratorische Insuffizienz

Bei respiratorisch insuffizienten Patienten kann, wenn eine kurze Flachlagerung möglich ist, die Vena jugularis interna punktiert werden. Diese imponiert sonographisch in der Regel gestaut und lässt sich oft einfach punktieren. Alternativ bzw. wenn keine Flachlagerung möglich ist, kann die Vena femoralis punktiert werden, ggf. gemeinsam mit der Arteria femoralis in einem Arbeitsgang. Punktionsanlagen der Vena subclavia sollten bei gegebenem Pneumothoraxrisiko vermieden werden.

Sepsis und Multiorgandysfunktion

Bei Patienten mit Symptomen von Sepsis und septischem Schock kann neben einem gewöhnlichen ZVK bei Absehbarkeit einer Notwendigkeit für ein Nierenersatzverfahren auch primär ein Hämodialysekatheter etabliert werden.

Herz-Kreislauf-Stillstand

Patienten, die nach oder unter laufenden Reanimationsmaßnahmen im Schockraum vorgestellt werden, sollten bei Vorhandensein von suffizienten peripheren Venen Zugängen primär einen arteriellen Zugang bekommen. Bei einer Entscheidung für ECPR sollten die hausinternen Standards bzgl. der zu kanülierenden Gefäße berücksichtigt werden.

Literatur

Das Literaturverzeichnis findet sich online unter ai-online.info in der open access verfügbaren PDF-Version des Artikels.

Korrespondenzadresse



**Priv.-Doz. Dr. med.
Manuel F. Struck**

Klinik und Poliklinik für Anästhesiologie und Intensivtherapie
Universitätsklinikum Leipzig
Liebigstraße 20
04103 Leipzig, Deutschland
Tel.: 0341 9717700

E-Mail: manuelflorian.struck@medizin.uni-leipzig.de

ORCID-ID: 0000-0002-0070-3406

Literatur

- Michael M, Kumle B, Pin M et al: Nichttraumatologisches Schockraummanagement. *Med Klin Intensivmed Notfmed* 2021;116:405–414. DOI: 10.1007/s00063-021-00789-1
- Thelen S, Michael M, Ashmawy H et al: Schockraummanagement bei traumato- logischen Patienten. *Anaesthesist* 2019;68:49–66. DOI: 10.1007/s00101-018-0523-5
- Bernhard M, Döll S, Hartwig T, et al: Resuscitation room management of critically ill nontraumatic patients in a German emergency department (OBSErvE-study). *Eur J Emerg Med* 2018;25:e9–e17. DOI: 10.1097/MEJ.0000000000000543
- Grahl C, Hartwig T, Weidhase L, et al: Early in-hospital course of critically ill nontrauma patients in a resuscitation room of a German emergency department (OBSErvE2 study). *Anaesthesist* 2021. DOI: 10.1007/s00101-021-00962-3. Epub ahead of print
- Gröning I, Hoffmann F, Biermann H et al: Das (PR_E)-AUD2IT-Schema als Rückgrat für eine strukturierte Notfallversorgung und Dokumentation nichttraumatologischer kritisch kranker Schockraumpatienten. *Notfall Rettungsmed* 2021, online. DOI: 10.1007/s10049-021-00878-w
- Michael M, Bax S, Finke M et al: Aktuelle IST-Analyse zur Situation des nichttraumatologischen Schock- raummanagements in Deutschland. *Notfall Rettungsmed* 2020, online. DOI: 10.1007/s10049-020-00827-z
- Struck MF, Hilbert-Carius P, Hossfeld B et al: Anästhesiologisches Vorgehen und invasive Gefäßzugänge bei der klinischen Erstversorgung von schwer verletzten Patienten in Deutschland: Onlineumfrage. *Anaesthesist* 2017;66:100–108. DOI: 10.1007/s00101-016-0258-0
- Struck MF, Fakler JKM, Bernhard M, et al: Mechanical complications and outcomes following invasive emergency procedures in severely injured trauma patients. *Sci Rep* 2018;8:3976. DOI: 10.1038/s41598-018-22457-9
- Hamada SR, Fromentin M, Ronot M, et al: Femoral arterial and central venous catheters in the trauma resuscitation room. *Injury* 2018;49:927–932. DOI: 10.1016/j.injury.2018.03.026
- Choron RL, Wang A, Van Orden K, et al: Emergency central venous catheterization during trauma resuscitation: a safety analysis by site. *Am Surg* 2015;81:527–531. DOI: 10.1177/000313481508100538

- Ives C, Moe D, Inaba K, et al: Ten years of mechanical complications of central venous catheterization in trauma patients. *Am Surg* 2012;78:545–549. DOI: 10.1177/000313481207800535
- Scalea TM, Sinert R, Duncan AO, et al: Percutaneous central venous access for resuscitation in trauma. *Acad Emerg Med* 1994;1:525–531. DOI: 10.1111/j.1553-2712.1994.tb02547.x
- Pappas P, Brathwaite CE, Ross SE: Emergency central venous catheterization during resuscitation of trauma patients. *Am Surg* 1992;58:108–111. PMID: 1550301
- Deutsche Gesellschaft für Kardiologie – Herz- und Kreislauftorschung e.V. (DKG) (2019): AWMF-Register Nr. 019/013. Klasse: S3. Infarktbedingter kardiogener Schock – Diagnose, Monitoring und Therapie. <https://www.awmf.org/leitlinien/detail/II/019-013.html>
- Deutsche Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin e. V. (DGAI) (2017): AWMF Registernummer 001–021. Klassifikation: S3. Invasive Beatmung und Einsatz extrakorporaler Verfahren bei akuter respiratorischer Insuffizienz. <https://www.awmf.org/leitlinien/detail/II/001-021.html>
- Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie e.V. (DGU) (2016). AWMF-Register Nr. 012/019 Klasse: S3. Polytrauma/Schwerverletzten-Behandlung. http://www.awmf.org/uploads/tx_szleitlinien/012-019_S3_Polytrauma_Schwerverletzten-Behandlung_2016-09.pdf
- Deutsche Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin e. V. (DGAI) (2020): AWMF Registernummer 001–020. Klassifikation: S3. Intravasale Volumetherapie bei Erwachsenen. <https://www.awmf.org/leitlinien/detail/II/001-020.html>
- Deutsche Sepsis-Gesellschaft e. V. (DSG) (2018): AWMF Registernummer 079–001. Klassifikation: S3. Sepsis – Prävention, Diagnose, Therapie und Nachsorge. <https://www.awmf.org/leitlinien/detail/II/079-001.html>
- Deutsche Gesellschaft für Verbrennungsmedizin e.V. (DGV) (2021): AWMF-Registernummer 044–001. Klassifikation S2k. Behandlung thermischer Verletzungen des Erwachsenen. <https://www.awmf.org/leitlinien/detail/II/044-001.html>
- Nolan JP, Sandroni C, Böttiger BW, et al: European Resuscitation Council and European Society of Intensive Care Medicine Guidelines 2021: Post-resuscitation care. *Resuscitation* 2021;161:220–269. DOI: 10.1016/j.resuscitation.2021.02.012
- Frykholm P, Pikwer A, Hammarskjöld F, et al: Clinical guidelines on central venous catheterisation. Swedish Society of Anaesthesiology and Intensive Care Medicine. *Acta Anaesthesiol Scand* 2014;58:508–524. DOI: 10.1111/aas.12295
- Practice Guidelines for Central Venous Access 2020: An Updated Report by the American Society of Anesthesiologists Task Force on Central Venous Access. *Anesthesiology* 2020;132:8–43. DOI: 10.1097/ALN.0000000000002864
- Lamperti M, Biasucci DG, Disma N, et al: European Society of Anaesthesiology guidelines on peri-operative use of ultrasound-guided for vascular access (PERSEUS vascular access). *Eur J Anaesthesiol* 2020;37:344–376. DOI: 10.1097/EJA.0000000000001180
- <https://www.wacountry.health.wa.gov.au/~media/WACHS/Documents/About-us/Policies/Central-Venous-Access-Device-CVAD-and-Long-Peripheral-Venous-Catheter-Long-PVC-Management-Clinical-P.pdf> [australian guidelines; Government of Western Australia; October 28, 2020]
- Pittiruti M, Pinelli F: GAVECeLT Working Group for Vascular Access in COVID-19. Recommendations for the use of vascular access in the COVID-19 patients: an Italian perspective. *Crit Care* 2020;24:269. DOI: 10.1186/s13054-020-02997-1
- Timsit JF, Baleine J, Bernard L, et al: Expert consensus-based clinical practice guidelines management of intravascular catheters in the intensive care unit. *Ann Intensive Care* 2020;10:118. DOI: 10.1186/s13613-020-00713-4
- Lazaar S, Mazaud A, Delsuc C, et al: Ultrasound guidance for urgent arterial and venous catheterisation: randomised controlled study. *Br J Anaesth* 2021;127:871–878. DOI: 10.1016/j.bja.2021.07.023
- Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie e. V. (DGU): Weissbuch Schwerverletztenversorgung DGU Weissbuch Schwerverletztenversorgung | 3., erweiterte Auflage 2019 (dgu-online.de)
- Takashima M, Schults J, Mihala G, et al: Complication and Failures of Central Vascular Access Device in Adult Critical Care Settings. *Crit Care Med* 2018;46:1998–2009. DOI: 10.1097/CCM.0000000000003370
- Parienti JJ, Mongardon N, Mégarbane B, et al: Intravascular Complications of Central Venous Catheterization by Insertion Site. *N Engl J Med* 2015;373:1220–1229. DOI: 10.1056/NEJMoa1500964

31. Gibson F, Bodenham A: Misplaced central venous catheters: applied anatomy and practical management. *Br J Anaesth* 2013;110:333–346. DOI: 10.1093/bja/aes497
32. Schummer W, Schummer C, Rose N, et al: Mechanical complications and malpositions of central venous cannulations by experienced operators. A prospective study of 1794 catheterizations in critically ill patients. *Intensive Care Med* 2007;33:1055–1059. DOI: 10.1007/s00134-007-0560-z
33. Polderman KH, Girbes AJ: Central venous catheter use. Part 1: mechanical complications. *Intensive Care Med* 2002;28:1–17. DOI: 10.1007/s00134-001-1154-1159
34. McGee WT, Ackerman BL, Rouben LR, et al: Accurate placement of central venous catheters: a prospective, randomized, multicenter trial. *Crit Care Med* 1993;21:1118–1123. DOI: 10.1097/0003246-199308000-00008
35. Salmon AA, Galhotra S, Rao V, et al: Analysis of major complications associated with arterial catheterisation. *Qual Saf Health Care* 2010;19:208–212. DOI: 10.1136/qshc.2008.028597
36. Masson T, Brockmann J, Kulla M: Zugänge zum Gefäßsystem. In: Flohé S, Matthes G, Paffrath T, Trentzsch H, Wölfel C (Hrsg.) *Schwerverletzenversorgung*, Thieme, Stuttgart, Deutschland, S. 127–133 (2018)
37. Lai NM, Chaiyakunapruk N, Lai NA, et al: Catheter impregnation, coating or bonding for reducing central venous catheter-related infections in adults. *Cochrane Database Syst Rev* 2016;3: CD007878. DOI: 10.1002/14651858.CD007878.pub3
38. Laher AE, Watermeyer MJ, Buchanan SK, et al: A review of hemodynamic monitoring techniques, methods and devices for the emergency physician. *Am J Emerg Med* 2017;35:1335–1347. DOI: 10.1016/j.ajem.2017.03.036
39. Garcia-Leal M, Guzman-Lopez S, Verdines-Perez AM, et al: Trendelenburg position for internal jugular vein catheterization: A systematic review and meta-analysis. *J Vasc Access* 2021 Jul 13;1297298211031339. DOI: 10.1177/1297298211031339. Epub ahead of print
40. Mimoz O, Lucet JC, Kerforne T, et al: Skin antisepsis with chlorhexidine-alcohol versus povidone iodine-alcohol, with and without skin scrubbing, for prevention of intravascular-catheter-related infection (CLEAN): an open-label, multicentre, randomised, controlled, two-by-two factorial trial. *Lancet* 2015;386:2069–2077. DOI: 10.1016/S0140-6736(15)00244-5
41. Guzzo JL, Seagull FJ, Bochicchio GV, et al: Mentors decrease compliance with best sterile practices during central venous catheter placement in the trauma resuscitation unit. *Surg Infect (Larchmt)* 2006;7:15–20 DOI: 10.1089/sur.2006.7.15
42. Lemaster CH, Agrawal AT, Hou P, et al: Systematic review of emergency department central venous and arterial catheter infection. *Int J Emerg Med* 2010;3:409–423. DOI: 10.1007/s12245-010-0225-5
43. Prävention von Infektionen, die von Gefäßkathetern ausgehen: Teil 1 – Nicht-getunnelte zentralvenöse Katheter Empfehlung der Kommission für Krankenhaushygiene und Infektionsprävention (KRINKO) beim Robert Koch-Institut. *Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz* 2017;60:171–206. DOI: 10.1007/s00103-016-2487-4
44. Schummer W: Pre-procedure ultrasound increases the success and safety of central venous catheterization. *Br J Anaesth* 2015;114:853. DOI: 10.1093/bja/aev086
45. Notheisen T, Eichholz R, Armbruster W, et al: Needle tip navigation 2.0 – Current techniques for puncturing vessels and ultrasound-guided regional anaesthesia. *Anästh Intensivmed* 2016;57:112–119
46. Lamperti M, Bodenham AR, Pittiruti M, et al: International evidence-based recommendations on ultrasound-guided vascular access. *Intensive Care Med* 2012;38:1105–1117. DOI: 10.1007/s00134-012-2597-x
47. Schmidt GA, Blaivas M, Conrad SA, et al: Ultrasound-guided vascular access in critical illness. *Intensive Care Med* 2019;45:434–446. DOI: 10.1007/s00134-019-05564-7
48. Greca A, Iacobone E, Elisei D, et al: ECHOTIP: A structured protocol for ultrasound-based tip navigation and tip location during placement of central venous access devices in adult patients. *J Vasc Access* 2021 Sep 8;1297298211044325. DOI: 10.1177/1297298211044325. Epub ahead of print
49. Gibbons RC, Zanaboni A, Saravitz SM, et al: Ultrasound Guidance Versus Landmark-Guided Palpation for Radial Arterial Line Placement by Novice Emergency Medicine Interns: A Randomized Controlled Trial. *J Emerg Med* 2020;59(6):911–917. DOI: 10.1016/j.jemermed.2020.07.029
50. Wilson C, Rose D, Kelen GD, et al: Comparison of Ultrasound-Guided Vs Traditional Arterial Cannulation by Emergency Medicine Residents. *West J Emerg Med* 2020;21:353–358. DOI: 10.5811/westjem.2019.12.44583
51. Bhattacharjee S, Maitra S, Bairya DK: Comparison between ultrasound guided technique and digital palpation technique for radial artery cannulation in adult patients: An updated meta-analysis of randomized controlled trials. *J Clin Anesth* 2018;47:54–59. DOI: 10.1016/j.jclinane.2018.03.019
52. Sorrentino S, Nguyen P, Salerno N, et al: Standard Versus Ultrasound-Guided Cannulation of the Femoral Artery in Patients Undergoing Invasive Procedures: A Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *J Clin Med* 2020;9:677. DOI: 10.3390/jcm9030677
53. Marquis-Gravel G, Tremblay-Gravel M, Lévesque J, et al: Ultrasound guidance versus anatomical landmark approach for femoral artery access in coronary angiography: A randomized controlled trial and a meta-analysis. *J Interv Cardiol* 2018;31:496–503. DOI: 10.1111/joc.12492
54. Deutsche Gesellschaft für Thorax-, Herz- und Gefäßchirurgie e. V. (DGTHG): AWMF-Register Nr. 011/018, Klasse S2k. Behandlung der Thorakalen Aortendissektion Typ A. https://www.awmf.org/uploads/tx_szleitlinien/011-018l_S2k_Behandlung-der-thorakalen-Aortendissektion-Typ-A_2021-02_1.pdf
55. Valgimigli M, Campo G, Penzo C, et al: Transradial coronary catheterization and intervention across the whole spectrum of Allen test results. *J Am Coll Cardiol* 2014;63:1833–1841. DOI: 10.1016/j.jacc.2013.12.043
56. Greenwood MJ, Della-Siega AJ, Fretz EB, et al: Vascular communications of the hand in patients being considered for transradial coronary angiography: is the Allen's test accurate? *J Am Coll Cardiol* 2005;46:2013–2017. DOI: 10.1016/j.jacc.2005.07.058
57. Gravenstein N, Blackshear RH: In vitro evaluation of relative perforating potential of central venous catheters: comparison of materials, selected models, number of lumens and angles of incidence to simulated membrane. *J Clin Monit* 1991;7:1–6. DOI: 10.1007/BF01617891
58. Walshe C, Phelan D, Bourke J, et al: Vascular erosion by central venous catheters used for total parenteral nutrition. *Intensive Care Med*

- 2007; 33:534-537. DOI: 10.1007/s00134-006-0507-9
59. Gebhard RE, Szmuk P, Pivalizza EG, et al: The accuracy of electrocardiogram-controlled central line placement. *Anesth Analg* 2007;104:65-70. DOI: 10.1213/01.ane.0000250224.02440.fe
60. Schummer W, Herrmann S, Schummer C, et al: Intra-atrial ECG is not a reliable method for positioning left internal jugular vein catheters. *Br J Anaesth* 2003; 91:481-6. DOI: 10.1093/bja/aeg208
61. Moncrief T, Auerbach J, Cabrera J, et al: Use of Point-of-Care Ultrasound to Confirm Central Venous Catheter Placement and Evaluate for Postprocedural Complications. *J Emerg Med* 2021;60:637-640. DOI: 10.1016/j.jemermed.2021.01.032
62. Korsten P, Mavropoulou E, Wienbeck S, et al: The „rapid atrial swirl sign“ for assessing central venous catheters: Performance by medical residents after limited training. *PLoS One* 2018;13:e0199345. DOI: 10.1371/journal.pone.0199345
63. Weekes AJ, Johnson DA, Keller SM, et al: Central vascular catheter placement evaluation using saline flush and bedside echocardiography. *Acad Emerg Med* 2014;21:65-72. DOI: 10.1111/acad.12283
64. Kosaka M, Oyama Y, Uchino T, et al: Ultrasound-guided central venous tip confirmation via right external jugular vein using a right supraclavicular fossa view. *J Vasc Access* 2019 Jan;20(1):19-23. DOI: 10.1177/1129729818771886. Epub 2018 May 3. PMID: 29722288
65. Kang M, Bae J, Moon S, et al: Chest radiography for simplified evaluation of central venous catheter tip positioning for safe and accurate haemodynamic monitoring: a retrospective observational study. *BMJ Open* 2021;11:e041101. DOI: 10.1136/bmjopen-2020-041101
66. Dulce M, Steffen IG, Preuss A, et al: Topographic analysis and evaluation of anatomical landmarks for placement of central venous catheters based on conventional chest X-ray and computed tomography. *Br J Anaesth* 2014;112: 265-271. DOI: 10.1093/bja/aet341
67. Albrecht K, Nave H, Breitmeier D, et al: Applied anatomy of the superior vena cava-the carina as a landmark to guide central venous catheter placement. *Br J Anaesth* 2004;92:75-77. DOI: 10.1093/bja/ae013
68. Wirsing M, Schummer C, Neumann R, et al: Is traditional reading of the bedside chest radiograph appropriate to detect intraatrial central venous catheter position? *Chest* 2008;134:527-533. DOI: 10.1378/chest.07-2687
69. Struck MF, Ewens S, Schummer W, et al: Central venous catheterization for acute trauma resuscitation: Tip position analysis using routine emergency computed tomography. *J Vasc Access* 2018;19:461-466. DOI: 10.1177/1129729818758998
70. Peres PW: Positioning central venous catheters –a prospective survey. *Anaesth Intensive Care* 1990;18:536-539. DOI: 10.1177/0310057X9001800422
71. Struck MF, Schmidt T, Winkler BE, et al: Central venous catheters and insertion depths: are formulas still up to date? *Intensive Care Med* 2015;41:2002-2003. DOI: 10.1007/s00134-015-3959-y
72. Struck MF, Schmidt T, Winkler BE, et al: Formulas for prediction of insertion depths of internal jugular vein catheters adjusted to body height categories. *J Vasc Access* 2016;17:191-194. DOI: 10.5301/jva.5000488
73. Jayaraman J, Shah V: Bedside prediction of the central venous catheter insertion depth – Comparison of different techniques. *J Anaesthesiol Clin Pharmacol* 2019;35:197-201. DOI: 10.4103/joacp.JOACP_125_16
74. Manudeep AR, Manjula BP, Dinesh Kumar US: Comparison of Peres' Formula and Radiological Landmark Formula for Optimal Depth of Insertion of Right Internal Jugular Venous Catheters. *Indian J Crit Care Med* 2020;24:527-530. DOI: 10.5005/jp-journals-10071-23478
75. Schoenenberger RA, Haefeli WE, Schifferli J: Internistische Notfälle. Technische Maßnahmen in Notfallsituationen. 24.10 Zentralvenöser Katheter (ZVK) 2009. DOI: 10.1055/b-0034-36123
76. Struck MF, Friedrich L, Schleifenbaum S, et al: Effectiveness of different central venous catheter fixation suture techniques: An in vitro crossover study. *PLoS One* 2019;14:e0222463. DOI: 10.1371/journal.pone.0222463
77. Pokharel K, Biswas BK, Tripathi M, et al: Missed Central Venous Guide Wires: A Systematic Analysis of Published Case Reports. *Crit Care Med* 2015;43:1745-1756. DOI: 10.1097/CCM.0000000000001012
78. Chreiman KM, Dumas RP, Seamon MJ, et al: The intraosseous have it: A prospective observational study of vascular access success rates in patients in extremis using video review. *J Trauma Acute Care Surg* 2018;84:558-563. DOI: 10.1097/TA.0000000000001795
79. Leidel BA, Kirchhoff C, Bogner V, et al: Comparison of intraosseous versus central venous vascular access in adults under resuscitation in the emergency department with inaccessible peripheral veins. *Resuscitation* 2012;83:40-45. DOI: 10.1016/j.resuscitation.2011.08.017
80. <https://www.azbn.gov/sites/default/files/advisory-opinions/ao-external-jugular-cannulation-for-peripheral-iv-ejpiv-and-or-peripherally-inserted-central-catheter-ejpcc-rev-3-2017.pdf> (Zugriffsdatum: 31.01.2022)
81. Tran QK, Mester G, Bzhilyanskaya V, et al: Complication of vasopressor infusion through peripheral venous catheter: A systematic review and meta-analysis. *Am J Emerg Med* 2020;38:2434-2443. DOI: 10.1016/j.ajem.2020.09.047
82. Loubani OM, Green RS: A systematic review of extravasation and local tissue injury from administration of vaso-pressors through peripheral intravenous catheters and central venous catheters. *J Crit Care* 2015;30:653.e9-e17. DOI: 10.1016/j.jcrc.2015.01.014
83. Nguyen TT, Surrey A, Barmaan B, et al: Utilization and extravasation of peripheral norepinephrine in the emergency department. *Am J Emerg Med* 2021;39:55-59. DOI: 10.1016/j.ajem.2020.01.014
84. Medlej K, Kazzi AA, El Hajj Chehade A, et al: Complications from Administration of Vasopressors Through Peripheral Venous Catheters: An Observational Study. *J Emerg Med* 2018;54:47-53. DOI: 10.1016/j.jemermed.2017.09.007
85. Owen VS, Rosgen BK, Cherak SJ, et al: Adverse events associated with administration of vasopressor medications through a peripheral intravenous catheter: a systematic review and meta-analysis. *Crit Care* 2021;25:146. DOI: 10.1186/s13054-021-03553-1
86. Pancaro C, Shah N, Pasma W, et al: Risk of Major Complications After Perioperative Norepinephrine Infusion Through Peripheral Intravenous Lines in a Multicenter Study. *Anesth Analg* 2020;131:1060-1065. DOI: 10.1213/ANE.0000000000004445
87. Groetzinger LM, Williams J, Svec S, et al: Peripherally Infused Norepinephrine to Avoid Central Venous Catheter Placement in a Medical Intensive Care Unit: A Pilot Study. *Ann Pharmacother* 2021 Oct 21:10600280211053318. DOI: 10.1177/10600280211053318. Epub ahead of print
88. Stowell JR, Rigdon D, Colglazier R, et al: Risk of contrast extravasation with vascular access in computed tomography. *Emerg Radiol* 2020;27:253-258. DOI: 10.1007/s10140-020-01752-x

89. van Loon FHJ, Buise MP, Claassen JJF, et al: Comparison of ultrasound guidance with palpation and direct visualisation for peripheral vein cannulation in adult patients: a systematic review and meta-analysis. *Br J Anaesth* 2018;121:358–366. DOI: 10.1016/j.bja.2018.04.047
90. Shokohi H, Boniface K, McCarthy M, et al: Ultrasound-guided peripheral intravenous access program is associated with a marked reduction in central venous catheter use in noncritically ill emergency department patients. *Ann Emerg Med* 2013;61:198–203. DOI: 10.1016/j.annemergmed.2012.09.016
91. Bell JA, Spencer TR: Implementing an emergency department vascular access team: A quality review of training, competency, and outcomes. *J Vasc Access* 2021;22:81–89. DOI: 10.1177/1129729820924554
92. Verhoeff K, Saybel R, Mathura P, et al: Ensuring adequate vascular access in patients with major trauma: a quality improvement initiative. *BMJ Open Qual* 2018;7:e000090. DOI: 10.1136/bmjoq-2017-000090
93. Skulec R, Callerova J, Vojtisek P, et al: Two different techniques of ultrasound-guided peripheral venous catheter placement versus the traditional approach in the pre-hospital emergency setting: a randomized study. *Intern Emerg Med*. 2020 Mar;15(2):303–310. DOI: 10.1007/s11739-019-02226-w
94. Yalçınlı S, Karbek Akarca F, Can Ö, et al: Comparison of Standard Technique, Ultrasonography, and Near-Infrared Light in Difficult Peripheral Vascular Access: A Randomized Controlled Trial. *Prehosp Disaster Med* 2021 Dec 6:1–6. DOI: 10.1017/S1049023X21001217. Epub ahead of print
95. Pan CT, Francisco MD, Yen CK, et al: Vein Pattern Locating Technology for Cannulation: A Review of the Low-Cost Vein Finder Prototypes Utilizing near Infrared (NIR) Light to Improve Peripheral Subcutaneous Vein Selection for Phlebotomy. *Sensors (Basel)* 2019; 19:3573. DOI: 10.3390/s19163573
96. Chappell S, Vilke GM, Chan TC, et al: Peripheral venous cutdown. *J Emerg Med* 2006;31:411–416. DOI: 10.1016/j.jemermed.2006.05.026
97. Lewis GC, Crapo SA, Williams JG: Critical skills and procedures in emergency medicine: vascular access skills and procedures. *Emerg Med Clin North Am* 2013;31:59–86. DOI: 10.1016/j.emc.2012.09.006
98. Uvelin A, Kolak R, Putnik D: External jugular cannulation is irreplaceable in many situations. *Resuscitation* 2010 Jun;81(6):773; author reply 774. DOI: 10.1016/j.resuscitation.2010.01.028
99. Magoon R, Malhotra SK, Saini V, et al: Randomised controlled trial of central venous catheterisation through external jugular vein: A comparison of success with or without body manoeuvres. *Indian J Anaesth.* 2017;61(12):985–989. DOI: 10.4103/ija.IJA_423_17
100. Lahtinen P, Musialowicz T, Hyppölä H, et al: Is external jugular vein cannulation feasible in emergency care? A randomised study in open heart surgery patients. *Resuscitation* 2009 Dec;80(12):1361–1364. DOI: 10.1016/j.resuscitation.2009.08.026
101. Lapostolle F, Catineau J, Garrigue B, et al: Prospective evaluation of peripheral venous access difficulty in emergency care. *Intensive Care Med* 2007 Aug;33(8):1452–1457. DOI: 10.1007/s00134-007-0634-y
102. Vinayagamurugan A, Badhe AS, Jha AK: Comparison of external jugular vein-based surface landmark approach and ultrasound-guided approach for internal jugular venous cannulation: A randomised crossover clinical trial. *Int J Clin Pract* 2021;75(3):e13783. DOI: 10.1111/ijcp.13783
103. Luo S, Xue Y, Tang S, et al: Application of ultrasound-guided external jugular vein puncture in intensive care unit (ICU) patients with severe sepsis: a randomised trial. *Ann Palliat Med* 2021;10(1):530–537. DOI: 10.21037/apm-20-2500
104. Timsit JF, Bouadma L, Mimoz O, et al: Jugular versus femoral short-term catheterization and risk of infection in intensive care unit patients. Causal analysis of two randomized trials. *Am J Respir Crit Care Med* 2013;188: 1232–1239. DOI: 10.1164/rccm.201303-0460OC
105. Marik PE, Flemmer M, Harrison W: The risk of catheter-related blood-stream infection with femoral venous catheters as compared to subclavian and internal jugular venous catheters: a systematic review of the literature and meta-analysis. *Crit Care Med* 2012;40:2479–2485. DOI: 10.1097/CCM.0b013e318255d9bc
106. Funcke S, Sander M, Goepfert MS, et al: Practice of hemodynamic monitoring and management in German, Austrian, and Swiss intensive care units: the multicenter cross-sectional ICU-CardioMan Study. *Ann Intensive Care* 2016;6:49. DOI: 10.1186/s13613-016-0148-2
107. Cecconi M, De Backer D, Antonelli M, et al: Consensus on circulatory shock and hemodynamic monitoring. Task force of the European Society of Intensive Care Medicine. *Intensive Care Med* 2014;40:1795–1815. DOI: 10.1007/s00134-014-3525-z
108. Thawabi M, Tayal R, Khakwani Z, et al: Suggested Bony Landmarks for Safe Axillary Artery Access. *J Invasive Cardiol* 2018;30:115–118. PMID: 29493513
109. Lenz CM, Zogaj D, Wessel HK, et al: Brachial and axillary artery vascular access for endovascular interventions. *Ann Vasc Surg* 2021 Nov;S0890-5096(21)00834-7. DOI: 10.1016/j.avsg.2021.09.052. Epub ahead of print
110. Appelt K, Takes M, Zech CJ, et al: Complication rates of percutaneous brachial artery puncture: effect of live ultrasound guidance. *CVIR Endovasc* 2021;4:74. DOI: 10.1186/s42155-021-00262-2
111. Martin C, Saux P, Papazian L, et al: Long-term arterial cannulation in ICU patients using the radial artery or dorsalis pedis artery. *Chest* 2001;119(3):901–906. DOI: 10.1378/chest.119.3.901
112. Flumignan RL, Trevisani VF, Lopes RD, et al: Ultrasound guidance for arterial (other than femoral) catheterisation in adults. *Cochrane Database Syst Rev* 2021 Oct 12;10(10):CD013585. DOI: 10.1002/14651858.CD013585.pub2
113. Wortmann M, Engelhart M, Elias K, et al: „Resuscitative endovascular balloon occlusion of the aorta“ (REBOA): Aktuelles zu Material, Indikationen und Grenzen: ein Überblick [Resuscitative endovascular balloon occlusion of the aorta (REBOA): Current aspects of material, indications and limits: an overview]. *Chirurg* 2020;91(11): 934–942. German. DOI: 10.1007/s00104-020-01180-0. PMID: 32514942
114. Hilbert-Carius P, Hauer T, Josse F, et al: REBOA – Resuscitative Endovascular Balloon Occlusion of the Aorta. *Der Notarzt* 2020;36(01):33–45. DOI: 10.1055/a-0880-1157
115. Hilbert-Carius P, McGreevy D, Abu-Zidan FM, et al: Successfully REBOA performance: does medical specialty matter? International data from the ABOTrauma Registry. *World J Emerg Surg* 2020;15(1):62. DOI: 10.1186/s13017-020-00342-z.