

Abb. 3-9a Druckdom und elektro-mechanischer Druckwandler:

1 = Membran des Druckdoms;
2 = Membran des elektromechanischen Druckwandlers;

b Druckmesssystem:

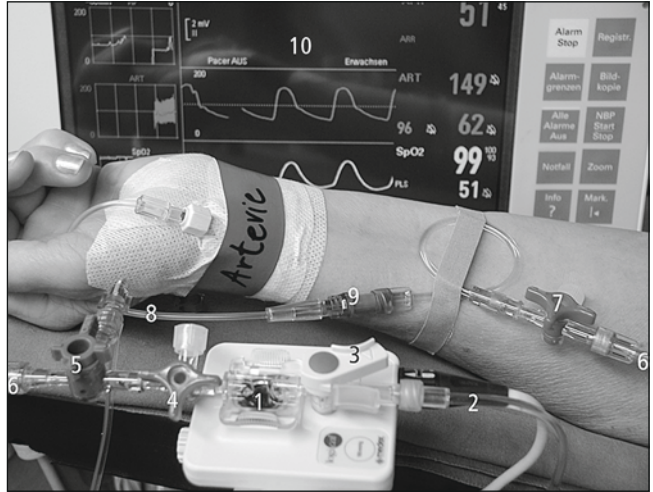
3 = Druckdom;
4 = Zuleitung für Mikrospülsystem;
5 = Hebel für Schnellspülung;
6 = roter Dreiwegehahn für Nullpunkt-kalibration;
7 = blauer Dreiwegehahn für ZVD-Messung;
8 = starre Druckleitung

darf kann durch Drücken eines entsprechenden Kipphelbs (5 in Abb. 3-9) auch eine Schnellspülung betätigt werden (z. B. nach einer Blutentnahme aus dem arteriellen Zugang).

- 2 druckdomnahe Dreiwegehähne:
Der dem Druckdom am nächsten liegende erste (rote) Dreiwegehahn (6 in Abb. 3-9) ist für die Nullpunkt-kalibration (→ S. 207), der zweite (blaue) Dreiwegehahn (7 in Abb. 3-9) ist für den Anschluss einer Druckleitung zur intermittierenden Messung des zentralen Venendrucks (ZVD) vorgesehen.
- starre Druckleitung (8 in Abb. 3-9)
- weiterer (roter) Dreiwegehahn (7 in Abb. 3-10) zur Abnahme von Blutproben

- zweites kurzes Druckleitungsstück (mit Rückschlagventil) zum Anschluss an die intraarterielle Kanüle (8 in Abb. 3-10)
- Druckwandler (= Transducer):
Zumeist werden wieder verwendbare Druckwandler verwendet. Zum Teil gibt es auch Druckmesssysteme, die einen Einweg-druckwandler enthalten.
- Monitor mit „Druckeinschub“ (10 in Abb. 3-10)
- Spülflüssigkeit (500 ml NaCl, die in manchen Kliniken mit 500–1 000 IE Heparin versetzt wird) für eine kontinuierliche Spülung des arteriellen Zugangs. Da diese Spülflüssigkeit unter Druck gesetzt werden muss, wird noch ein Druckbeutel benötigt (1 in Abb. 3-13).

Abb. 3-10 Vorrichtung zur blutigen arteriellen Druckmessung, die an einem entsprechenden Monitorgerät angeschlossen ist: 1 = Druckdom; 2 = Zuleitung für Mikrospülssystem; 3 = Hebel für Schnellspülung; 4 = roter Dreivehahn für Nullpunkt-kalibration; 5 = blauer Dreivehahn zum Anschluss für zusätzliche ZVD-Messung; 6 = starre Druckleitung; 7 = zweiter roter Dreivehahn zur Abnahme von Blutproben; 8 = kurzes Druckleitungsstück (mit Rückschlagventil [= 9]); 10 = Monitor mit Möglichkeit für Druckeinschub



3.2.5 Vorbereitung

Für die kontinuierliche Druckmessung werden inzwischen zumeist fertig zusammengebaute Druckmesssysteme für den Einmalgebrauch verwendet. Deren Vorbereitung ist relativ einfach und wenig zeitaufwendig. Dieser Einwegdruckdom sowie die bereits konnektierten Verbindungsschläuche brauchen lediglich mit NaCl 0,9 % luftblasenfrei durchgespült und einerseits an die arterielle Kanüle und andererseits an den Druckwandler angeschlossen werden. Das Kabel des Druckwandlers ist noch in das entsprechende Monitorgerät einzustecken und das Druckmesssystem muss abschließend noch kalibriert werden (Kalibration → S. 207). Nun ist eine Druckmessung möglich.

3.2.6 Punktion der Arteria radialis

! Wenn möglich, sollte die arterielle Kanülierung immer bereits vor Narkoseeinleitung beim noch wachen Patienten vorgenommen werden. Denn hiermit ist die fortlaufende Blutdruckkontrolle während der Narkoseeinleitung, einem der gefahrenträchtigsten Momente jeder Narkose, durchführbar. Außerdem kann noch eine Blutprobe zur Bestimmung einer arteriellen Blutgasanalyse (= BGA) vor Narkoseeinleitung, also unter Spontanatmung, abgenommen werden.

Für die Punktion sollte die Hand im Handgelenk über eine Tuchrolle nach dorsal überstreckt und in dieser Lagerung sollten die Finger mittels Pflasterstreifen fixiert werden (vgl. Abb. 3-11a). Nach mehrmaliger Desinfektion, dem Anlegen einer Lokalanästhesie beim wachen Patienten (vgl. Abb. 3-11b) und eventuell Vorpunktion der Haut mit einer dickeren Kanüle wird die Arterie vorzugsweise mit der Stahlkanüle eines speziellen Seldinger-Bestecks (bei Erwachsenen alternativ mit einer 20-G-Teflonkanüle, wie sie für eine periphervenöse Venenpunktion verwendet wird) in einem Winkel von ca. 30 Grad im Bereich des Handgelenks punktiert (vgl. Abb. 3-11c). Hierbei wird mit dem Zeige- und dem Ringfinger der anderen Hand der Arterienverlauf ertastet. Nach erfolgreicher Punktion der Arterie wird der Seldinger-Draht durch die Punktionskanüle (Abb. 3-11d) vorgeschoben. Die Punktionskanüle wird über den Seldinger-Draht entfernt und nun wird über den Seldinger-Draht die intraarterielle Kunststoffverweilkanüle vorgeschoben (Abb. 3-11e) und dann mittels Naht fixiert (Abb. 3-11f). Anschließend wird der Seldinger-Draht entfernt und die Druckleitung des Messsystems an die intraarterielle Verweilkanüle konnektiert. Nachdem die arterielle Kanüle mittels der Schnellspülung (5 in Abb. 3-9b) des

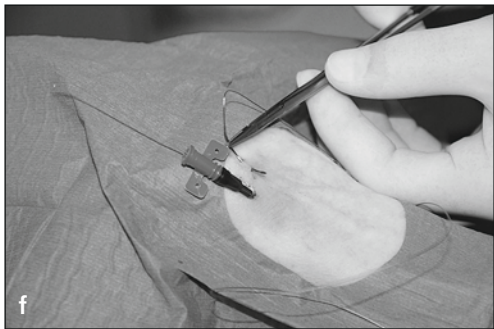
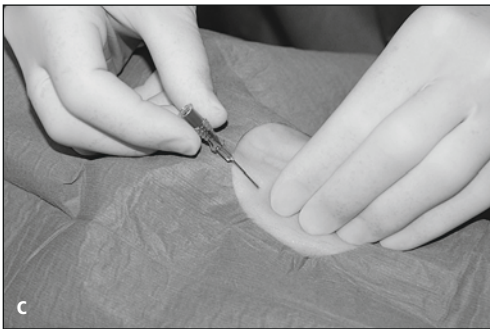
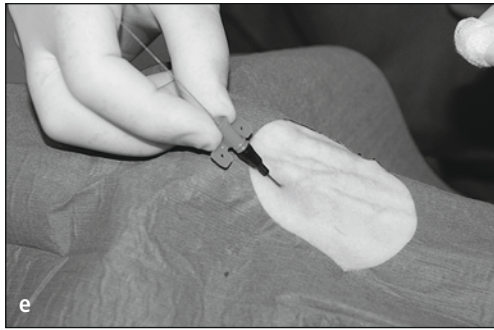


Abb. 3-11 Punktion der Arteria radialis mittels Seldinger-Technik. **a** Richtige Lagerung, Fixierung und Desinfektion des Armes zur Punktion der Arteria radialis. **b** Sterile Anlage einer Lokalanästhesie. **c** Tasten des Arterienverlaufs und Punktion der Arterie. **d** Nach er-

folgreicher Punktion Vorschieben des Seldinger-Drahtes durch die Punktionskanüle. **e** Nach Entfernen der Punktionskanüle über den Seldinger-Draht wird die intraarterielle Verweilkanüle über den Seldinger-Draht eingeführt. **f** Die intraarterielle Verweilkanüle wird festgenäht.

konnektierten Einwegdrucksystems durchgespült ist, wird sie penibel, z. B. wie in Abbildung 3-12 und 3-13 gezeigt, zusätzlich mit Pflaster fixiert. Durch das zwischen der intraarteriellen Kanüle und dem dritten (roten) Dreiwegehahn (7 in Abb. 3-10) eingebaute kurze Drucklei-

tungsstück (8 in Abb. 3-10) braucht z. B. beim Blutabnehmen aus dem arteriellen Zugang am Dreiwegehahn kein Wackeln, Abknicken oder Verrutschen der intraarteriellen Verweilkanüle befürchtet werden.

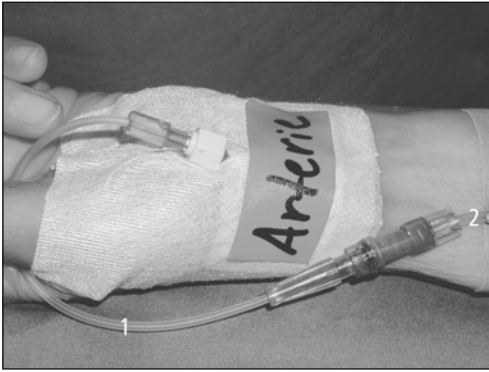


Abb. 3-12 Fixierte intraarterielle Kanüle und Markierung der intraarteriellen Kanüle durch entsprechenden Aufkleber. An die intraarterielle Kanüle ist ein kurzes Druckleitungsstück (mit speziellem Rückschlagventil) konnektiert (1). 2 = starre Druckleitung, die zum Druckwandler führt.



Abb. 3-13 Vorrichtung zur blutigen arteriellen Druckmessung mit angeschlossenem Druckbeutel (1) mit Spülflüssigkeit für das Mikrospsystem

! Absolut zwingend ist das Kenntlichmachen des Zugangs als **Arterie**, z. B. durch Aufkleben von vorgedruckten Klebeschildern oder durch deutliche Beschriftung eines aufgeklebten Pflasterstreifens (vgl. Abb. 3-12). Bei Verwechslung mit einem venösen Zugang und Injektion von z. B. Thiopental droht der Verlust der Hand (!) (→ S. 50).

Über die starre Druckleitung, die 3 Dreiwegehähne und den Druckdom wird der arterielle Druck auf den elektromechanischen Druckwandler, der den mechanischen Druck in ein elektrisches Signal umwandelt, angeschlossen. Das Kabel des Druckwandlers ist in den Druckeinschub eines geeigneten Gerätes einzustecken, welches das Signal des Druckwandlers verstärkt und auf einem Monitor digital als Zahlenwert und analog als Druckkurve anzeigt (10 in Abb. 3-10).

3.2.7 Nullpunktabgleich und Kalibration

Der rote Dreiwegehahn direkt vor dem Druckwandler (6 in Abb. 3-9) wird so gestellt, dass die Verbindung zwischen Druckleitung und Druckwandler unterbrochen und der Druckwandler zur Atmosphäre hin geöffnet ist. Auf das Druckelement wirkt nun der atmosphärische Luftdruck. Dieser muss als Bezugspunkt gleich Null gesetzt werden. Nach Drücken der entsprechenden Nulltaste am Monitor muss die angezeigte Linie mit der Null-Linie des Monitors übereinstimmen (= **Nullpunktabgleich**). Moderne Geräten führen zusätzlich noch eine automatische **Kalibration** durch. Bei der Kalibration wird kontrolliert, ob ein definierter Druck immer einen bestimmten Kurvenausschlag ergibt; z. B. muss ein Druck von 100 mm Hg immer einen 5 cm hohen Ausschlag ergeben.

Nach dem Nullpunktabgleich und der Kalibration des Gerätes wird die Verbindung zwischen Druckleitung und Druckwandler wieder freigegeben. Der Druckwandler muss auf Höhe des rechten Vorhofs (ca. Mitte des Thoraxdurchmessers beim liegenden Patienten) angebracht

sein. (Bei Patienten mit Schädel-Hirn-Trauma muss – zur genauen Ermittlung des Perfusionsdrucks – der Druckwandler auf Höhe des äußeren Gehörgangs angebracht werden; → S. 290). Nun kann der aktuelle Druck am Monitor abgelesen werden.

Anschließend sollte nochmals sorgfältig überprüft werden, ob alle Schraubverbindungen der Druckleitung fest angezogen sind, damit ein versehentliches Lösen mit einer drohenden Entblutung nicht möglich ist.

3.2.8 Probleme


- abgerundeter, sog. gedämpfter Kurvenverlauf:
Ursache sind meist Luftblasen oder ein Blutkoagel im System oder eine ungünstige Lagerung des kanülierten Armes bzw. ein zu langer Druckschlauch.
- falsch hohe oder falsch niedrige Druckanzeige:
Dies ist der Fall, wenn der Druckwandler anstatt auf Herzniveau unterhalb oder oberhalb davon angebracht ist. Dies ist vor allem dann möglich, wenn der Druckwandler ausnahmsweise nicht am Operationstisch oder am Patienten, sondern z.B. am Infusionsständer befestigt ist. Wird zu einem späteren Zeitpunkt von den Operateuren eine Verstellung der Operationstischhöhe gewünscht, so muss unbedingt die Höhe des Druckwandlers nachjustiert werden!
- Thrombosierung der arteriellen Kanüle:
Falls das kontinuierliche Mikropulsystem (→ S. 203; Abb. 3-12) nicht funktioniert (z.B. Spülflüssigkeit steht nicht unter Druck), droht eine Thrombosierung der intraarteriellen Verweilkanüle.

3.2.9 Komplikationen


- Hämatombildung im Punktionsbereich vor allem bei Fehlpunktionen oder nach Entfernen der arteriellen Kanüle; mindestens 3 Minuten komprimieren!
- Infektionen

- arteriovenöse Fistel
- Durchblutungsstörungen mit z.B. nekrotischen Fingern (extrem selten)
- versehentliche intraarterielle Medikamentinjektion
- arterielle Entblutung bei unbemerkter Diskonnektion in der arteriellen Druckleitung

3.3 Pulmonalkatheter

 Ein Pulmonalkatheter (= Pulmonalarterienkatheter, Swan-Ganz-Katheter, Einschwemmkatheter) ist ein meist 4-lumiger Katheter, dessen Spitze über das venöse System und durch das rechte Herz bis in einen Ast der Arteria pulmonalis eingeführt wird.

Mithilfe eines Pulmonalkatheters können das **Herzminutenvolumen** (= HMV = cardiac output), der Druck in der Pulmonalarterie sowie der sog. pulmonalkapilläre Verschlussdruck (= **pulmonary capillary wedge pressure** = PCWP, kurz **Wedge-Druck** genannt) und der ZVD gemessen werden. Werden diese Daten sowie die Körpergröße, das Körpergewicht, die aktuelle Herzfrequenz und der arterielle Blutdruck in ein entsprechendes Computerprogramm eingegeben, so können der Gefäßwiderstand im Lungenkreislauf, der Gefäßwiderstand im großen Kreislauf, der Herzindex (= HMV/Körperoberfläche) und die Schlagarbeit des linken und des rechten Ventrikels errechnet werden. Dieses errechnete „häodynamische Profil“ ist bei Risikopatienten hilfreich für die Steuerung einer differenzierten Catecholamin-, Vasodilanzien- und Volumentherapie.

 In den letzten Jahren wurden jedoch heftige Diskussionen über Zweck, Nutzen und Risiken des Pulmonalkatheters geführt. Eine unkritische Anwendung kann von Nachteil für den Patienten sein. Bei korrekter Indikationsstellung und Beherrschung der Methode wird dieses Überwachungsverfahren jedoch weiterhin positiv eingeschätzt. Insgesamt werden Pulmonalkatheter zunehmend seltener eingesetzt.