

Indikationen und Kontraindikationen

Indikationen (Beispiele)

- Wundnaht
- Gewebeentnahme (z. B. Leberflecken, Warzen, Atherome)

Kontraindikationen

- Allergie gegen Lokalanästhetika (Kap. 14.2.2)
- entzündliche Veränderungen im Punktionsbereich

Medikamente

- Lidocain 0,5–1 %
- Mepivacain 0,5–1 %
- Prilocain 0,5–1 %
- (Bupivacain 0,125–0,5 %)
- (Ropivacain 0,2–0,75 %)
- (Levobupivacain 0,25 %)

Bei der Infiltrationsanästhesie wird häufiger ein Lokalanästhetikum mit Adrenalin-Zusatz (1:200 000) verwendet (Kap. 14.3). Es sind jedoch die Kontraindikationen zu beachten (nicht verwenden z. B. an Akren wie Penis, Ohrmuschel, Nase; Kap. 14.3).

16.3 Regionalanästhesieverfahren

16.3.1 Allgemeine Bemerkungen

Von einer Regional- oder Leitungsanästhesie wird gesprochen, wenn größere Körperareale mittels Lokalanästhetikum blockiert werden. Bei einer Leitungs- oder Regionalanästhesie wird das Lokalanästhetikum in die Nähe eines größeren peripheren Nervs oder eines Nervengeflechts injiziert. Es soll dann vollends selbstständig in die Nervenstrukturen diffundieren. Das distal des Injektionsortes gelegene Versorgungsgebiet dieses Nervs wird hierdurch blockiert. Zu den Regionalanästhesieverfahren gehören: Blockaden einzelner Nerven, Plexusanästhesien, rückenmarksnah Regionalanästhesieverfahren wie Spinal-, Peridural- oder Kaudalanästhesie.

16.3.2 Allgemeines Vorgehen

Eine Regionalanästhesie wird in folgenden Schritten durchgeführt:

- Aufklärung und Einwilligung des Patienten (vgl. Kap. 2.8)
- Ausschluss von Kontraindikationen
- Vorbereitung des (normalerweise wachen und kooperativen) Patienten
- Desinfektion des Punktionsbereichs
- Hautquaddel setzen
- Aufsuchen des Nervs oder Plexus

- Ausschluss einer intravasalen Lage der Kanüle
- evtl. Einlage eines Katheters
- Injektion des Lokalanästhetikums
- Erfolgskontrolle

► **Ausschluss von Kontraindikationen.** Bevor eine Regionalanästhesie durchgeführt wird, sollten allgemeine Kontraindikationen der Regionalanästhesie ausgeschlossen werden.

In ► Tab. 16.1 sind allgemeine Kontraindikationen für eine Regionalanästhesie aufgelistet.

Eine wichtige Voraussetzung für ein Regionalanästhesieverfahren ist es, relevante Störungen der Hämostase vorher auszuschließen. Hierbei sind die von der Deutschen Gesellschaft für Anesthesiologie und Intensivmedizin (DGAI) empfohlenen Leitlinien zu beachten. Diese Problematik wird in Kap. 16.3.4 bis Kap. 16.3.7 noch ausführlich dargestellt.

► **Vorbereitung des Patienten.** Vor Durchführung eines Regionalanästhesieverfahrens sind vergleichbare Vorbereitungen wie vor einer Allgemeinnarkose durchzuführen (Kap. 6.3), d. h., es sind

- eine EKG-Überwachung,
- eine intermittierende Blutdruckmessung,
- eine peripherenöse Verweilkanüle und
- eine pulsoxymetrische Überwachung der arteriellen Sauerstoffsättigung

vorzunehmen. Nur damit können evtl. Komplikationen (z. B. Blutdruckabfall nach Anlage einer rückenmarksnahen Regionalanästhesie, Auftreten einer allergischen Reaktion, Herzrhythmusstörungen bei systemisch-toxischen Nebenwirkungen des injizierten Lokalanästhetikums, Atemdepression (bei zusätzlicher übermäßiger [Analgo-]Sedierung) erkannt und sofort therapiert werden.

Eine periphere Regionalanästhesie sollte möglichst nur am wachen und kooperativen Patienten vorgenommen werden (Ausnahme sollten möglichst nur kleinere unkooperative Kinder (S. 1174) sein). Der wache Patient kann evtl. auftretende Parästhesien, die für eine bedrohlich enge Annäherung der Kanülenspitze an den Nerv sprechen, sofort angeben. Die Punktionskanüle muss dann wieder etwas zurückgezogen werden. Beim narkotisierten Patienten entfällt dieser Sicherheitsfaktor. Falls ausnahmsweise bei einem narkotisierten (aber nicht relaxierten!) Patienten eine periphere Regionalanästhesie vorgenommen wird, muss bei motorischen Nerven unbedingt ein peripherer Nervenstimulator (Kap. 15.2.2) verwendet und zusätzlich möglichst auch eine ultraschallkontrollierte Punktion durchgeführt werden, um die Gefahr einer unbemerkten Nervenverletzung zu minimieren. Die Frage, ob eine rückenmarksnah Regionalanästhesie am narkotisierten Patienten vorgenommen werden darf, wird ausführlich in Kap. 16.3.2 besprochen.

Tab. 16.1 Allgemeine Kontraindikationen einer Regionalanästhesie.

Absolute Kontraindikationen	Relative Kontraindikationen
<ul style="list-style-type: none"> • Allergie gegen Lokalanästhetika (Kap. 14.2.2) • entzündliche Veränderungen im Punktionsbereich • Ablehnung durch den Patienten bzw. ein nicht kooperativer Patient • relevante Hämostasestörungen • Sepsis [570] 	<ul style="list-style-type: none"> • evtl. vorbestehende Nervenschädigungen • Bakteriämie (Nutzen-Risiko-Abwägung; Antibiotikatherapie soll vorher [erfolgreich] begonnen sein; [634]) • Immunsuppression z. B. durch Alkoholabusus, Tumorleiden, Diabetes mellitus, Steroidtherapie (Nutzen-Risiko-Abwägung) ([570]; [634]; [705])

Ist das Operationsfeld steril abgedeckt und ist das sterile Tuch, das die Operations- und die Anästhesieseite trennt, aufgehängt, dann kann – bei einem Eingriff, der vom Gesicht weiter entfernt ist – dem Patienten ein evtl. Mundschutz ggf. wieder abgenommen werden. Unter hygienischen Gesichtspunkten scheint dieser Mundschutz dann nicht notwendig zu sein ([628]; [631]). Außerdem bedingt ein Mundschutz beim Patienten eine eingeschränkte Beurteilbarkeit von Lippenfarbe oder Schluck- bzw. Würgebewegungen. Des Weiteren kann ein Mundschutz ein Beklemmungsgefühl und eine CO₂-Retention beim Patienten verursachen.

► **Desinfektion des Punktionsbereichs.** Es ist eine großflächige, mehrmalige und sorgfältige Desinfektion der voraussichtlichen Punktionsstelle vorzunehmen. Hierbei sind die Empfehlungen der DGAI zu beachten. Diese werden im Kap. 16.3.3 („Allgemeine Hygienemaßnahmen“) ausführlich beschrieben (S.375).

► **Hautquaddel setzen.** Vor jeder Regionalanästhesie sollte im beabsichtigten Punktionsbereich eine intradermale Anästhesie (eine sog. Hautquaddel) gesetzt werden. Hierbei wird mit einer möglichst dünnen Kanüle in einem sehr flachen Winkel in das Korium der Haut gestochen. Der Nadelschliff soll dabei zur Hautoberfläche zeigen. Es wird langsam ein geringes Volumen (maximal 0,5 ml) injiziert. Bei richtiger Technik bildet sich eine ca. centgroße, etwas erhabene und abgeblasste Hautquaddel.

► **Aufsuchen des Nervs oder Plexus.** Bei Blockade eines Nervs oder eines Plexus sollte die Kanüle möglichst nicht senkrecht, sondern in einem flachen Winkel (von ca. 30°) zum Nerv geführt werden. Hierdurch ist eine langsamere Annäherung an den Nerv möglich und auch bei einem plötzlichen Widerstandsverlust im Gewebe – z. B. beim Durchstechen einer Gefäß-Nerven-Scheide (S.402) – nähert sich die Kanüle weniger stark dem Nerv wie wenn steiler (oder gar senkrecht) auf den Nerv zugestochen würde (nur bei einer ultraschallkontrollierten Punktion wird meist steiler [OOP-Technik ca. 30–45°; In-line-Technik ca. 90°] punktiert; Kap. 15.2.3). Stets muss die punktierende Hand am Patienten abgestützt werden, um z. B. bei plötzlichen Bewegungen des Patienten ein unkontrolliertes Vordringen der Kanüle zu verhindern. Zum Aufsuchen von größeren Nerven (Nervengeflechten) sollte ein Nervenstimulator (Kap. 15.2.2) oder/und zusätzlich ein Ultraschallgerät (Kap. 15.2.3) verwendet werden.

► **Evtl. Einlage eines Katheters.** Falls anstatt eines Single-Shot-Verfahrens ein kontinuierliches Katheterverfahren durchgeführt werden soll, wird nach optimaler Annäherung der Kanülenspitze an den Nerv ein entsprechender Katheter (vgl. ► Abb. 16.13 und ► Abb. 16.14) durch die spezielle Punktionskanüle (► Abb. 16.13 und ► Abb. 16.14) eingeführt. Es wird empfohlen, solche Katheter nur 1–3 cm über die Kanülenspitze hinaus vorzuschieben [583].

► **Injektion des Lokalanästhetikums.** Da bei einer Regionalanästhesie relativ große Volumina an Lokalanästhetikum injiziert werden, sollte das Lokalanästhetikum – um eine intravasale Lage der Kanülenspitze auszuschließen – langsam, fraktioniert und unter wiederholter Aspiration injiziert werden.

► **Erfolgskontrolle.** Der Erfolg einer Nerven- oder Plexusblockade wird meist einer der folgenden 3 Kategorien zugeteilt:

- A: Der Eingriff kann in alleiniger Nerven- oder Plexusanästhesie durchgeführt werden.
- B: Der Eingriff erfordert eine Ergänzung der Nerven- oder Plexusblockade durch Gabe eines Analgetikums oder durch Anwendung einer zusätzlichen Blockadetechnik.
- C: Kein Erfolg. Der Eingriff erfordert einen Wechsel auf eine Allgemeinnarkose.

Detailwissen

Regionalanästhesie durch Nichtanästhesiologen

Auch Regionalanästhesieverfahren, die mit einem hohen Anästhesierisiko behaftet sind, dürfen von einem „Nichtanästhesiologen“ durchgeführt werden. Dieser muss jedoch in der Lage sein, die methodenimmanenten Komplikationen frühzeitig zu erkennen und ggf. zu therapieren. Da die Patienten einen Anspruch auf „Facharztstandard“ haben, muss sich der „Nichtanästhesiologe“ bei evtl. Komplikationen mit nachfolgendem Rechtsstreit an dem Facharztstandard des Anästhesiologen messen lassen [693].

16.3.3 Allgemeine Hygienemaßnahmen – 10 Gebote für die Regionalanästhesie

Um die hygienische Sicherheit während der Anlage und Weiterversorgung von Regionalanästhesieverfahren (periphere Leitungsanästhesien, Plexusanästhesien oder rückenmarksnahe Regionalanästhesien) sicherzustellen, sind die Hygieneempfehlungen des Wissenschaftlichen Arbeitskreises Regionalanästhesie der DGAI zu beachten [705]. Diese „10 Gebote“ zu Hygienemaßnahmen bei Regionalanästhesieverfahren sind in ► Abb. 16.3 zusammengefasst.

Infektionen im Rahmen von (Katheter-)Regionalanästhesieverfahren werden in folgende Schweregrade unterteilt [705]:

- leichte Infektionen: Rötung, Schwellung, Druckschmerz (≥ 2 dieser Kriterien müssen erfüllt sein)
- mittelschwere Infektionen: Eiteraustritt an der Eintrittsstelle, Anstieg der Entzündungsparameter (CRP, Leukozyten), Fieber, notwendige systemische Antibiotikatherapie bei Ausschluss einer anderen Ursache (≥ 2 dieser Kriterien müssen erfüllt sein)
- schwere Infektionen: chirurgischer Eingriff nötig (Stichinzision oder operative Revision)

„10 Gebote“ zu Hygienemaßnahmen bei der Regionalanästhesie

Infektionen bei Regionalanästhesieverfahren können gravierende Folgen haben.

Hygiene und Infektionsmanagement sind daher wichtige Bestandteile der Maßnahmen zur Patientensicherheit und Qualitätssicherung in der Anästhesie.

1. Die hygienischen **Rahmenbedingungen** müssen gewährleistet sein
 - a) **Hygieneplan:** Die allgemeinen Hygienemaßnahmen orientieren sich an dem (für jede Institution vorgeschriebenen) Hygieneplan.
 - b) **Räumlichkeit:** Regionalanästhesien werden in Räumen durchgeführt, die zur Behandlung von Patienten geeignet sind.
 - c) **Personenzahl:** Die Anzahl der Personen in diesem Behandlungsraum ist für den Zeitraum der Punktion/Katheteranlage auf das Notwendige zu beschränken. Es soll möglichst wenig gesprochen werden.
2. Die **Vorbereitung des Behandlers** erfolgt nach Hygienestandards
 - a) **Schmuck,** Uhren, Freundschaftsbänder und jegliche Ringe an Händen und Unterarmen sind vor Punktionen abzulegen, um eine ordnungsgemäße Händedesinfektion zu ermöglichen.
 - b) **Händedesinfektion:** Die hygienische Händedesinfektion mit einem geeigneten Händedesinfektionsmittel ist als die wichtigste Einzelmaßnahme obligatorisch. Die Einwirkzeit beträgt bei alkoholischen Präparaten in der Regel 30 Sekunden.
 - c) **Mund-Nasen-Schutz, Haube, Kittel, sterile Handschuhe:** Das Tragen von Haube und frischem Mund-Nasen-Schutz wird für alle an der Punktion beteiligten Personen grundsätzlich empfohlen. Die punktierende Person muss sterile Handschuhe tragen. Ein steriler Kittel muss bei Anlage kontinuierlicher Katheterverfahren getragen werden.
3. Die **Vorbereitung des Patienten** erfolgt nach hygienischen Standards
 - a) **Rasur:** Ist aus technischen Gründen eine Haarentfernung erforderlich, sollte diese mittels „Clipper“ erfolgen.
 - b) **Entfetten und Säubern der Haut:** Das Entfetten der Haut wird nicht empfohlen, eine Säuberung nur bei sichtbarer Verunreinigung.
 - c) **Hautdesinfektion:** Die Desinfektion erfolgt im Idealfall mit einem alkoholischen Desinfektionsmittel in Kombination mit einer Wirksubstanz mit Remanenz (Langzeitwirkung, z.B. Chlorhexidin oder Octenidin). Die Einwirkzeit beträgt für geeignete, derartige Präparate 2 Minuten bei talgdrüsenreicher Haut. Danach sollte man die Haut trocknen lassen und nicht durch einen Desinfektionsmittelsee punktieren.
 - d) **Abdeckfolien:** Empfohlen werden großflächige selbstklebende Lochtücher und sterile Arbeitsflächen, um ein großzügig bemessenes steriles Feld um die Punktionsstelle zu schaffen.
4. Eine spezifische **Antibiotikaphylaxe** ist nicht erforderlich
Antibiotikaphylaxe speziell bei der Durchführung einer Regionalanästhesie wird nicht empfohlen. Das Vorziehen einer ohnehin geplanten (perioperativen) Antibiotikagabe kann sinnvoll sein.
5. **Medikamente und Material** müssen hygienischen und arzneimittelrechtlichen Anforderungen genügen
 - a) **Medikamente:** Es werden nur frisch angesetzte Medikamentenlösungen aus unmittelbar zuvor erstmalig geöffneten Behältnissen verwendet (keine „Multidose“-Behälter).
 - b) **Material:** Es werden nur Einmalartikel zur Punktion und Katheteranlage eingesetzt.
6. Auch **ultraschallgesteuerte Punktionen** müssen aseptischen Kautelen genügen
Schallkopf: Der Schallkopf muss mit einer geeigneten sterilen Hülle versehen werden. Es darf nur steriles Ultraschallgel oder andere sterile Flüssigkeit zur Verbesserung der Schallqualität benutzt werden.
7. Geeignete **Verbandstechnik und Fixierung** sind wichtiger Infektionsschutz
 - a) **Fixierung:** Katheter und Konnektionsstellen müssen sicher fixiert werden. Für eine Annahat von Kathetern gibt es keine infektionspräventive Evidenz.
 - b) **Verband:** Der sterile Verband wird in aseptischer Applikationstechnik angelegt. Ein Verbandswechsel sollte nur erfolgen, wenn erforderlich (Verband lose, feucht oder schmutzig).
 - c) **Bei jedem Verbandswechsel ist die Punktionsstelle mit einem remanent wirkenden Desinfektionsmittel (auf wässriger Basis) zu desinfizieren.**
 - d) **Bakterienfilter:** Der infektionspräventive Wert von Bakterienfiltern ist fraglich. Ein Wechsel erfolgt nach Herstellerangaben (z.B. nach 72–96 h).
 - e) **Salben:** Die Verwendung von antibiotikahaltigen Salben oder desinfektionsmittelhaltigen Salben wird nicht empfohlen.

Abb. 16.3 „10 Gebote“ zu Hygienemaßnahmen bei der Regionalanästhesie. (Quelle: Kerwat et al. DGA Info. Aus dem Wiss. Arbeitskreis Regionalanästhesie. Überarbeitete Handlungsempfehlung: Hygieneempfehlung für die Regionalanästhesie* erschienen in Anästhesie Intensivmedizin 2015; 56:34-40 Aktiv Druck & Verlag GmbH; *Genehmigt durch das Engere Präsidium der DGAI am 19.11.2014)

„10 Gebote“ zu Hygienemaßnahmen bei der Regionalanästhesie (Fortsetzung)

8. Eine frühzeitige Erkennung infektiöser Komplikationen durch **Visiten** ist wichtig
 - a) **Indikationsstellung:** Die Indikation zur Fortsetzung der Therapie muss täglich neu überprüft werden.
 - b) **Punktionsort:** Die Einstichstelle des Katheters muss täglich klinisch überprüft werden.
9. **Diskonnektionen** erhöhen das Infektionsrisiko
Diskonnektionen und Manipulationen an Regionalanästhesiekathetern sind auf das erforderliche Minimum zu beschränken. Im Fall einer geplanten Diskonnektion des Systems, z.B. für Nachinjektionen oder Systemwechsel, wird eine Sprühdeseinfektion der Konnektionsstelle mit einem alkoholischen Hautdesinfektionsmittel (30 s Einwirkzeit) empfohlen.
10. **Infektzeichen** sind Warnsignale für die Patientensicherheit
Vorgehen bei Infektzeichen:
 - a) Im Falle generalisierter Infektzeichen ist ein Regionalanalgesiekatheter grundsätzlich wie Fremdmaterial in Analogie zum zentralen Venenkatheter zu betrachten und muss ggf. entfernt bzw. gewechselt werden.
 - b) Bei lokalen Infektionszeichen (Rötung, Schwellung, Druckschmerz) ist der Regionalanästhesiekatheter zügig zu entfernen.
 - c) Bei schwerwiegendem Befund ist eine kalkulierte Antibiotikatherapie in Erwägung zu ziehen.
 - d) Treten unter oder nach rückenmarksnahen Regionalanästhesieverfahren neurologische Defizite oder meningeale Zeichen auf, so sind unverzüglich eine geeignete Diagnostik (Liquorentnahme, MRT) und ggf. eine spezifische Therapie zu veranlassen.

Abb. 16.3 „10 Gebote“ zu Hygienemaßnahmen bei der Regionalanästhesie (Fortsetzung). (Quelle: Kerwat et al. DGA Info. Aus dem Wiss. Arbeitskreis Regionalanästhesie. Überarbeitete Handlungsempfehlung: Hygieneempfehlung für die Regionalanästhesie* erschienen in Anästhesie Intensivmedizin 2015; 56:34-40 Aktiv Druck & Verlag GmbH; *Genehmigt durch das Engere Präsidium der DGAI am 19.11.2014)

16.3.4 Ausschluss von Hämostasestörungen

Streng genommen werden unter dem Terminus Gerinnungsstörung nur die plasmatischen Komponenten (S.382) und unter dem Terminus Hämostase sowohl die plasmatischen als auch die zellulären Komponenten, also der gesamte Blutstillungsapparat verstanden [683]. Im (klinischen) Sprachgebrauch wird allerdings meist von Gerinnungsstörungen gesprochen, wenn Hämostasestörungen gemeint sind.

Beurteilung der Hämostaseparameter

Vor einer (rückenmarksnahen) Regionalanästhesie sind laborchemische Untersuchungen der Hämostase- („Gerinnungs-“)parameter nur dann zwingend notwendig, wenn sich anamnestisch oder anhand der klinischen Untersuchung bzw. der vorliegenden Unterlagen Hinweise auf eine Blutungsneigung ergeben ([669]; vgl. Kap. 2.3.1). Zur anamnestischen Abklärung einer evtl. Blutungsneigung sollten z. B. die in ► Tab. 16.2 aufgelisteten Fragen geklärt werden.

Auch wenn kein Hinweis auf eine Blutungsneigung eruiert ist, werden bisher noch in vielen Kliniken routinemäßig INR-Wert (bzw. evtl. Quick-Wert), PTT und Thrombozytenzahl ermittelt.

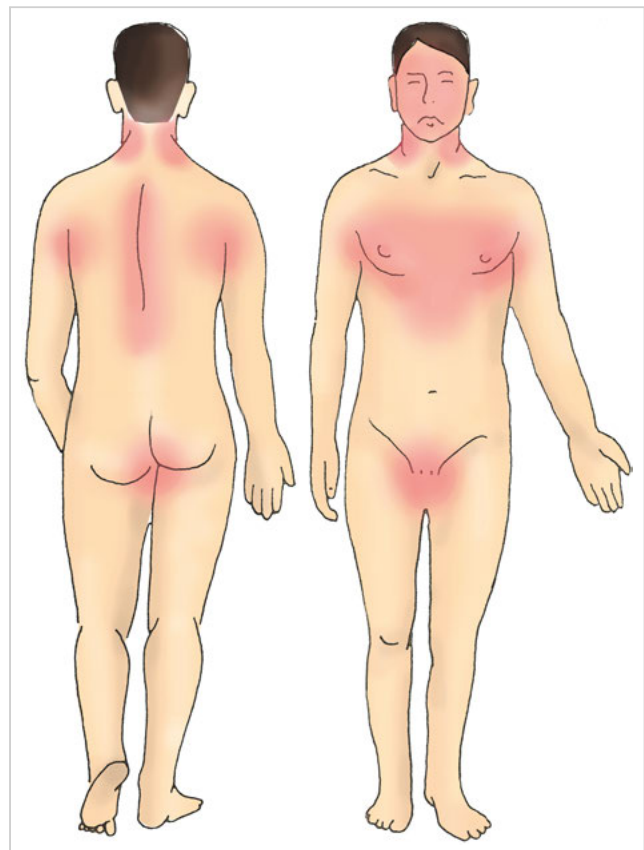


Abb. 16.4 Talgdrüsenreiche Bereiche des Körpers (rot markiert).

Tab. 16.2 Fragebogen zur präoperativen Erhebung der Blutungsanamnese [662].

Bitte Zutreffendes ankreuzen, unterstreichen bzw. ergänzen:		Nein	Ja	Zusatzfragen und Notizen des Arztes:	Wenn Ja
0	Ist bei Ihnen jemals eine „Blutgerinnungsstörung“ oder Thrombose festgestellt worden?			Diagnose erfragen	2
Beobachten Sie folgende Blutungsarten – auch ohne erkennbaren Grund?					
1a	Nasenbluten (ohne andere Ursachen wie Schnupfen, trockene Luft, starkes Naseputzen etc.)			immer schon	2
				nur saisonal	3
				HNO-Befund vorhanden	1
				bei Medikamenteneinnahme	4
				arterielle Hypertonie	0
1b	blaue Flecken oder punktförmige Blutungen (auch am Körperstamm, auch ohne sich anzustoßen)			unfallträchtige Tätigkeiten	2
				immer schon	1
				bei Medikamenteneinnahme	2
1c	Gelenkblutungen, Blutungen in Weichteile oder Muskeln				2
2	Beobachten Sie bei Schnittwunden und/oder Schürfwunden ein längeres Nachbluten?			über 5 Minuten	2
				typische Verletzungen, Nassrasur	1
				bei Medikamenteneinnahme	2
3	Gab es in ihrer Vorgeschichte längeres und/oder verstärktes Nachbluten beim Zahnziehen?			über 5 Minuten	2
				war Nachbehandlung nötig	1
				bei Medikamenteneinnahme	5
4	Gab es in ihrer Vorgeschichte verstärkte Blutungen während oder nach Operationen?			welche Operationen	5
				war die Blutung tatsächlich über der Norm	2
5	Heilen ihre Wunden schlecht ab?			lange nässend, klaffend	2
				Vereitern	2
				Keloidbildung	2
6	Gab oder gibt es in ihrer Familie (Blutsverwandtschaft) Fälle von Blutungsneigung?			Verwandtschaftsgrad	2
				Diagnose bekannt	2
7a	Nehmen oder nahmen Sie in letzter Zeit Medikamente zur Blutverdünnung ein? (z. B. Marcumar, Plavix, Tiklyd, Xarelto, Pradaxa, Elequis, Brilique, Arixtra, ASS)?			Blutungsneigung seit Medikamenteneinnahme	4
7b	Nehmen Sie Schmerz- oder Rheumamittel ein, auch frei verkäufliche (nicht vom Arzt verordnete)? (z. B. Aspirin, Thomapyrin, Voltaren, Naproxen)				6
8	Zusatzfrage an Patientinnen: Sind ihre Monatsblutungen verlängert (>7 Tage) und/oder verstärkt (häufiger Binden- oder Tamponwechsel)?			seit Menarche	2
Konsequenzen: 0 = keine, 1 = Medikamentenanamnese, 2 = Konsultation: „Gerinnungsteam“, 3 = Konsultation: Facharzt für HNO, 4 = Konsultation: Internist, 5 = Befundausbau, 6 = Konsultation: Internist/Chirurg und evtl. Karenz und Bridging/Switching					
Datum: Unterschrift des/der Untersuchers/in					

Detailwissen

INR-Wert anstatt Quick-Wert

Da der Quick-Wert je nach Labor bzw. Testkit sehr unterschiedlich ausfallen kann, sollte inzwischen – wie von der WHO gefordert – anstatt des Quick-Werts die INR („international normalized ratio“) bestimmt werden (Normalwert: 0,9–1,15). INR-Werte unterliegen also im Gegensatz zu den Quick-Werten keinen Schwankungen und sind in allen Labors oder Selbstmessgeräten (mit denen der Patient eigenständig die Blutgerinnung kontrollieren kann) vollkommen vergleichbar. Die INR errechnet sich folgendermaßen:

$$INR = \left(\frac{\text{Quick – Wert [Test]}}{\text{Quick – Wert [normal]}} \right)^{ISI}$$

- Test = Quick-Wert der zu testenden Probe
- Normal = Normalwert
- ISI = internationaler Sensitivitätsindex. Dieser ist für jeden Hersteller oder jede Prothrombinase im Vergleich zu einer international standardisierten Probe festgelegt (normalerweise zwischen 1 und 1,4).

Eine verbindliche, allgemeingültige Umrechnungstabelle für einen Quick-Wert in einen entsprechenden INR-Wert gibt es nicht. Die Umrechnungstabelle ist immer abhängig vom verwendeten Testkit bzw. Labor!

Die Hämostaseparameter sollten bei einer rückenmarksnahen Regionalanästhesie möglichst im Normbereich liegen. Oft wer-

den auch noch leichte Abweichungen vom Normalbereich toleriert (► Tab. 16.3).

Tab. 16.3 Oft empfohlene Grenzwerte für die Gerinnungsparameter (INR, PTT) und die Thrombozytenzahl bei einer rückenmarksnahen Punktion (bzw. der Entfernung eines Peridural- oder Spinalkatheters).

Parameter	geforderter Bereich	Normalbereich (ideal)
INR	< 1,4 [587] (idealerweise im Normbereich)	0,9–1,15
PTT	≤ oberer Normbereich; ≤ 36 s (falls Normalbereich z. B. 26–36 s)	oft 26–36 s (der Normbereich kann je nach Labor etwas differieren)
Thrombozytenzahl	<ul style="list-style-type: none"> • > 100 000/μl (idealerweise im Normbereich); häufig wird auch ein Wert > 80 000/μl als sicher angesehen [588]. • (In den aktuellen Querschnitts-Leitlinien zur Hämotherapie der Bundesärztekammer wird für die Spinalanästhesie ein Wert > 50 000/μl, für die Periduralanästhesie ein Wert > 80 000/μl gefordert; [672]). 	140 000–400 000 μl

Detailwissen

Monitoring der medikamentösen Thrombozytenfunktionshemmung

Acetylsalicylsäure (ASS (S. 394)) hemmt die Thrombozytenaggregation irreversibel. Die Störung wird erst durch Neubildung von Thrombozyten behoben. Die Lebensdauer der Thrombozyten beträgt ca. 5–11 Tage. (Ein gesundes Knochenmark kann innerhalb von 3 Tagen nach Absetzen von ASS ca. 30–45 % der irreversibel gestörten Thrombozyten durch neue, funktionstüchtige Thrombozyten ersetzen. Eine Thrombozytenaggregationshemmung ist mit üblichen Gerinnungstests (Bestimmung von INR-Wert [evtl. Quick-Wert], PTT-Wert) und auch durch Erfassung der Thrombozytenzahl nicht (!) festzustellen. Zur Beurteilung einer Thrombozytenfunktionsstörung (z. B. aufgrund einer Einnahme von ASS) kann der **Plättchenfunktionsanalysator** (PFA-100™) verwendet werden, mit dem ein Globaltest möglich ist, der der In-vitro-Blutungszeit entspricht und der die In-vivo-Blutungszeit (s. u.) ersetzen kann. In den PFA-100™ wird eine mit Citrat versetzte Vollblutprobe gegeben. In dem PFA-100™ fließt ein Blutstrom durch eine entweder mit Kollagen-Adrenalin bzw. Kollagen-ADP beschichtete Membranöffnung. Es wird die Zeit gemessen, bis die Membranöffnung durch einen Thrombozytenpfropf verschlossen ist (sog. Verschlusszeit). Eine Thrombozytenfunktionsstörung (z. B. durch Acetylsalicylsäure) führt zu einer Verlängerung der Verschlusszeit in der Kollagen-Adrenalin-Messzelle, nicht jedoch in der Kollagen-ADP-Messzelle. Ein pathologischer Test ist allerdings nur valide, falls der HKT > 35 % und die Thrombozytenzahl zwischen 150 000 und 500 000/μl liegt. Für das PFA-100™-Gerät steht auch eine P2Y₁₂-Messzelle zu Verfügung. Damit kann auch eine durch P2Y₁₂-Inhibitoren (S. 396) (u. a. Clopidogrel, z. B. Plavix; Ticagrelor, Brilique; Ticlopidin, z. B. Tiklyd) verursachte Störung der Thrombozytenaggregation erfasst werden [633]. Mit dem PFA-100™-Gerät ist die In-vitro-Blutungszeit messbar. Diese Methode ist zuverlässiger als die herkömmliche Bestimmung der In-vivo-Blutungszeit (bei der nach Setzen einer kleinen, definier-

ten Hautverletzung durch Stich oder Schnitt die Zeit bis zum Stopp der Blutung gemessen wird). Bei einem Von-Willebrand-Jürgens-Syndrom ist die Verschlusszeit sowohl in der Kollagen-Adrenalin- als auch in der Kollagen-ADP-Messzelle verlängert. Ist die Verschlusszeit pathologisch, kann ein Desmopressin-Versuch durchgeführt werden [629] (s. u.).

Durch perioperative Gabe von Desmopressin (1-Desamino-8-D-arginino-vasopressin, DDAVP; z. B. Minirin; 0,3–0,4 μg/kgKG über ca. 30 Minuten; ggf. Wiederholungs-dosis) kann – über eine Steigerung der Thrombozytenadhäsion und -aggregation – eine z. B. durch ASS oder durch nichtsteroidale Antirheumatika induzierte Thrombozytopathie abgeschwächt werden. Eine Dosierung von 0,3 μg/kgKG alle 12 Stunden über 5 Tage wurde hierfür als hochwirksam beschrieben [625]. Der Wirkungsmechanismus ist jedoch nicht vollkommen geklärt.

Eine durch P2Y₁₂-Inhibitoren (S. 396) (u. a. Clopidogrel, z. B. Plavix; Ticagrelor, Brilique) verursacht Thrombozytenfunktionsstörung kann auch mittels der Aggregometrie (Multiplate-System) oder der Durchflusszytometrie gemessen werden ([556]; [687]).

Inzwischen wurde allerdings darauf hingewiesen, dass der PFA-100™ nicht geeignet sei, eine erhöhte Blutungsneigung oder einen erhöhten Transfusionsbedarf bzw. die Rate an Stentthrombosen zuverlässig vorherzusagen [602]. Anstatt des PFA-100™ wurden daher neuere, zuverlässigere Tests empfohlen [602]. Mit z. B. dem VerifyNow-Test kann ebenfalls z. B. sowohl die Wirkung von ASS als auch die Wirkung von Clopidogrel gemessen werden. Die Häufigkeit koronarer Ereignisse scheint bei diesem Test ab einer Reaktionszeit (PRU) > 230 erhöht zu sein [602]. Mit der Multiple Elektrode Platelet Aggregometrie (MEA) kann ebenfalls sowohl die Wirkung von ASS als auch von P2Y₁₂-Inhibitoren (z. B. Clopidogrel) erfasst werden. Der Test wird allerdings vom Hämatokrit und der Thrombozytenzahl beeinflusst. Dieser Test ist möglicherweise geeignet, sowohl das Risiko akuter Stentthrombosen als auch das Risiko einer erhöhten Blutungsneigung anzuzeigen [602].

Vorliegen von (vermuteten) Hämostasestörungen

Hämostasestörungen können unterteilt werden in

- angeborene Hämostasestörungen (z. B. Hämophilie, Von-Willebrand-Jürgens-Syndrom) und
- erworbene Hämostasestörungen (hepatisch, nephrogen, medikamentös induziert).

Hämostasestörungen können

- plasmatisch (z. B. Mangel eines Gerinnungsfaktors),

- thrombozytär (z. B. Thrombozytenfunktionsstörungen) oder
- vaskulär (z. B. Morbus Osler) bedingt sein. Am häufigsten sind plasmatische oder thrombozytäre Störungen.

Plasmatische Hämostasestörungen (= Gerinnungsstörungen) sind zumeist medikamentös (insbesondere durch die Therapie mit Antikoagulanzen) verursacht. Zu den **Medikamenten**, die die plasmatische Hämostase beeinträchtigen und die im Rahmen einer Regionalanästhesie evtl. relevant sein können, gehören v. a. Heparine, die neuen oralen Antikoagulanzen (S. 391) und Vitamin-K-Antagonisten (z. B. Marcumar). Thrombozytäre

Hämostasestörungen sind v. a. durch ASS und durch P2Y₁₂-Inhibitoren (S.396) bedingt. Von besonderer klinischer Relevanz ist die Frage, ob die in der perioperativen Phase routinemäßig durchgeführte Low-Dose-Heparinisierung v. a. bei einer rückenmarksnahen Regionalanästhesie das Risiko einer punktionsbedingten Blutung im Periduralraum erhöht. Die Problematik der perioperativen Thrombose- (und Embolie-)Prophylaxe mit Heparin soll deshalb nachfolgend ausführlich diskutiert werden.

16.3.5 Perioperative medikamentöse Thromboembolie-Prophylaxe – allgemeine Feststellungen

Zur Prophylaxe venöser Thromboembolien wurde 2015 die aktualisierte Version einer S3-Leitlinie (von 27 Fachgesellschaften) veröffentlicht [678]. Nachfolgend sollen die wichtigsten Aussagen dieser S3-Leitlinie dargestellt werden.

Detailwissen

Prädisponierende Faktoren und Häufigkeit tiefer Venenthrombosen

Falls keine Thromboembolie-Prophylaxe durchgeführt wird, werden – je nach Operationstyp – folgende Häufigkeiten für tiefe Venenthrombosen angegeben (nach [678]):

- Allgemeinchirurgie: ca. 15–40 %
- große urologische Eingriffe: ca. 15–40 %
- große gynäkologische Eingriffe: 15–40 %
- Hüftfrakturen: ca. 40–60 %
- Hüft-, Kniegelenkersatz: ca. 40–60 %
- Neurochirurgie: 15–40 %
- multiples Trauma 40–80 %

Eine tiefe Venenthrombose kann Ausgangspunkt für eine evtl. tödliche Lungenembolie sein. Wird keine perioperative Thromboembolie-Prophylaxe durchgeführt, dann sind distale bzw. proximale Beinvenenthrombosen bzw. tödliche Lungenembolien mit der in ► Tab. 16.4 aufgeführten Inzidenz zu erwarten.

Ursache einer Thrombose ist die sog. Virchow-Trias (Hyperkoagulabilität, Stase, Endothelschädigung). In ► Tab. 16.4 sind die prädisponierenden Faktoren (z. B. größere Eingriffe an Wirbelsäule, Becken, Hüft- oder Kniegelenk) für eine Thromboembolie aufgeführt.

Tab. 16.4 Risikofaktoren für eine venöse Thromboembolie und Inzidenz tiefer Venenthrombosen (TVT) und tödlicher Lungenembolien (LE), wenn keine Thromboembolie-Prophylaxe durchgeführt wird [678].

Risikofaktor	dispositionelles Risiko (angeborene, erworbene personenbezogene Faktoren)	expositionelles Risiko (z. B. Art/Umfang von OP/Trauma/Erkrankung)	distale Beinvenenthrombose	proximale Beinvenenthrombose	tödliche Lungenembolie
Stark prädisponierende Faktoren			Hohes Risiko für TVT und tödliche LE		
größere Eingriffe in der Bauch- und Beckenregion bei malignen Tumoren oder entzündlichen Erkrankungen		x	40–80 %	10–30 %	> 1 %
Polytrauma, schwerere Verletzungen der Wirbelsäule, des Beckens und/oder der unteren Extremität		x			
größere Eingriffe an Wirbelsäule, Becken, Hüft- oder Kniegelenk		x			
größere operative Eingriffe in Körperhöhlen der Brust-, Bauch- und/oder Beckenregion		x			
frühere TVT/LE	x				
Thrombophilie (AT-III-, Protein-C-, Protein-S-Mangel, APC-Resistenz [= Faktor-V-Leiden-Mutation], Antiphospholipidsyndrom, thrombophiler Prothrombinpolymorphismus u. a.)	artspezifisch schwach bis stark prädisponierend				
maligne Erkrankung	moderat bis stark prädisponierend				
Therapie mit oder Blockade von Sexualhormonen (z. B. Kontrazeption, in der Postmenopause, zur Tumorbehandlung)	substanzspezifisch schwach bis stark prädisponierend				
Moderat prädisponierende Faktoren			Mittleres Risiko für TVT und tödliche LE		
länger dauernde Operationen		x	10–40 %	1–10 %	0,1–1 %
gelenkübergreifende Immobilisation der unteren Extremität im Hartverband		x			
arthroskopisch assistierte Gelenk-Chirurgie an der unteren Extremität		x			
kein zusätzliches bzw. nur geringes dispositionelles Risiko, sonst Einstufung in höhere Risikokategorie					
chronische Herzinsuffizienz, Z. n. Herzinfarkt	x				
Therapie mit oder Blockade von Sexualhormonen (z. B. Kontrazeption, in der Postmenopause, zur Tumorbehandlung)	substanzspezifisch schwach bis stark prädisponierend				

Tab. 16.4 Fortsetzung

Risikofaktor	dispositionelles Risiko (angeborene, erworbene personenbezogene Faktoren)	expositionelles Risiko (z. B. Art/Umfang von OP/Trauma/ Erkrankung)	distale Beinvenenthrombose	proximale Beinvenenthrombose	tödliche Lungenembolie
maligne Erkrankung	schwach bis stark prädisponierend				
Schwangerschaft, postpartum		x			
venöse Thromboembolie bei Verwandten 1. Grades	x				
Thrombophilie (AT-III-, Protein-C-, Protein-S-Mangel, APC-Resistenz [= Faktor-V-Leiden-Mutation], Antiphospholipidsyndrom, thrombophiler Prothrombinpolymorphismus u. a.)	schwach bis stark prädisponierend				
höheres Lebensalter (> 60 J; Risikozunahme mit dem Alter)	x				
Übergewicht (BMI > 30 kgKG/m ²)	x				
akute Infektionen/entzündliche Erkrankungen mit Immobilisation	x				
Schwach prädisponierende Faktoren			Niedriges Risiko für TVT und tödliche LE		
kleine operative Eingriffe		x	< 10 %	< 1 %	< 0,1 %
Verletzungen ohne oder mit geringem Weichteilschaden		x			
kein zusätzliches bzw. nur geringes dispositionelles Risiko, sonst Einstufung in höhere Risikokategorie		x			
hohes Alter	x				
stark ausgeprägte Varikosis	x				
Schwangerschaft und Postpartalperiode	x				
nephrotisches Syndrom	x				
Thrombophilie (AT-III-, Protein-C-, Protein-S-Mangel, APC-Resistenz [= Faktor-V-Leiden-Mutation], Antiphospholipidsyndrom, thrombophiler Prothrombinpolymorphismus u. a.)	schwach bis stark prädisponierend				
Therapie mit oder Blockade von Sexualhormonen (z. B. Kontrazeption, in der Postmenopause, zur Tumorbehandlung)	substanzspezifisch schwach bis stark prädisponierend				

Zur medikamentösen venösen Thromboembolie-Prophylaxe (VTE) stehen Heparine, Fondaparinux, Nicht-Vitamin-K-abhängige orale Antikoagulantien (NOAK) und Vitamin-K-Antagonisten zur Verfügung [678]. Unter Abwägen von Effektivität, (eingriffs- und patientenspezifischem) Blutungs- und HIT-II-Risiko (Kap. 16.3.10) sollen niedermolekulare Heparine (S. 390) gegenüber unfraktioniertem Heparin (S. 389) vorgezogen werden [678]. Kontraindikationen, fach- und substanzspezifische Besonderheiten sowie Fachinformationen sollen berücksichtigt werden [678]. Bei Auswahl und Anwendung der Antikoagulantien sollen Nieren- und Leberfunktion berücksichtigt werden [678]. Bei v. a. orthopädischen/unfallchirurgischen Patienten können/sollen ggf. auch Fondaparinux (S. 390) oder neue orale Antikoagulantien (S. 391) eingesetzt werden [678]. Die Dauer der medikamentösen VTE-Prophylaxe soll sich am Fortbestehen relevanter Risikofaktoren für venöse Thromboembolien orientieren.

In Europa wird eine medikamentöse Thromboembolie-Prophylaxe mit Low-Dose-Heparin üblicherweise präoperativ begonnen [678]. Die medikamentöse VTE-Prophylaxe sollte zeitnah zur risikoverursachenden Situation begonnen werden [678]. Umstände, die das unmittelbar perioperative Blutungsrisiko erhöhen, wie z. B. die zeitnahe Einnahme von Thrombozytenfunktionshemmern, legen den postoperativen Beginn der medikamentösen Prophylaxe nahe. Bei Eingriffen am ZNS wurde ein erhöhtes Blutungsrisiko bei präoperativer NMH-Gabe gefunden [678]. Fondaparinux, Dabigatran, Apixaban und Rivaroxaban werden bei Elektivoperationen grundsätzlich erst postoperativ begonnen. Die medikamentenspezifischen Zeitintervalle sollen berücksichtigt und der jeweiligen Fachinformation entnommen werden [678].

Der minimale Zeitabstand zwischen Operationsende und der ersten Gabe von Fondaparinux beträgt 6 Stunden. Das Intervall kann ohne Wirksamkeitsverlust auf bis zu 20 Stunden ausgedehnt werden [678].

Bei traumatischen oder nicht-chirurgischen Patienten sollte die medikamentöse Thromboembolie-Prophylaxe zeitnah zum Auftreten des Thromboserisikos begonnen werden. Bei traumatischen Patienten muss sie wegen der möglichen Blutungskomplikationen sorgfältig auf die geplante Operations- und Anästhesie-Strategie abgestimmt werden [678].

Bei Hüft- oder kniegelenknahen Operationen/Frakturen soll die Erstgabe von Fondaparinux frühestens 6 Stunden postoperativ erfolgen. Die Erstgabe von Dabigatran soll mit der Hälfte der im Weiteren verwendeten Tagesdosis 1–4 Stunden postoperativ begonnen werden (bei rückenmarksnaher Regionalanästhesie erst 6 Stunden nach Punktion). Die Erstgabe von Apixaban soll 12–24 Stunden postoperativ erfolgen [678]. (**Cave:** nach rückenmarksnahen Regionalanästhesien dürfen diese Substanzen z. T. erst später erstmals verabreicht werden (S. 391)).

Bei neurochirurgischen Eingriffen am ZNS sollte – sofern eine medikamentöse Thromboembolie-Prophylaxe durchgeführt wird – diese erst postoperativ begonnen werden [678].

Bei Patienten, die zur Prävention kardiovaskulärer Ereignisse unter (lebenslanger) Therapie mit Acetylsalicylsäure (≤ 100 mg/d) stehen, sollte diese Therapie möglichst perioperativ weitergeführt werden (S. 394). Falls bei einem solchen Patienten für die Narkose eine rückenmarksnaher Regionalanästhesie geplant ist (S. 395), sollte die medikamentöse Thromboembolie-Prophylaxe erst postoperativ begonnen werden [587]. Nur bei Operationen in sensiblen Gebieten, z. B. einer Operation am ZNS, einer Prostataoperation oder einer Tonsillektomie erscheint das perioperative Absetzen von Acetylsalicylsäure gerechtfertigt [587].

Zur Thromboembolie-Prophylaxe kommen **Basismaßnahmen** wie Frühmobilisierung, möglichst kurze Immobilisierungszeit, aktive oder passive Bewegungsübungen sowie Anleitung zu Eigenübungen infrage [678]. Zusätzlich können evtl. noch physikalische Maßnahmen wie (gut sitzende) Antithrombosestrümpfe (oder intermittierende pneumatische Kompression) zur Anwendung kommen. Eine Kontraindikation für Antithrombosestrümpfe ist eine periphere arterielle Verschlusskrankheit. Basismaßnahmen sollten bei allen Patienten (niedriges, mittleres oder hohes Risiko; ▶ Tab. 16.4) angewandt werden ([678]; Übersicht bei [712]). Bei niedrigem Thromboserisiko (z. B. kleiner operativer Eingriff) wird keine generelle medikamentöse Thromboseprophylaxe empfohlen [678].

Eine wichtige Möglichkeit zur Thromboembolie-Prophylaxe ist die **medikamentöse Thromboembolie-Prophylaxe**. Hierfür stehen Heparine (v. a. fraktioniertes [= niedermolekulares] oder evtl. unfraktioniertes Heparin), Fondaparinux und neue orale Antikoagulantien (Rivaroxaban, Dabigatran oder Apixaban) und Vitamin-K-Antagonisten zur Verfügung (Kap. 16.3.7). Bei mittlerem und insbesondere bei hohem Thromboserisiko ist die Indikation zur perioperativen medikamentösen Thromboembolie-Prophylaxe gegeben ([678]; Übersicht bei [712]).

Zusätzlich wichtig ist eine möglichst frühzeitige Operation bei Verletzungen der unteren Extremitäten.

Grundlagenwissen

Wirkungsmechanismus von Heparin

Gerinnungskaskade

Beim klassischen Gerinnungsmodell wird zwischen dem Intrinsic-System und dem Extrinsic-System unterschieden (▶ Abb. 16.5a). Im Intrinsic-System wird der kontaktlabile Faktor XII durch verletzte Gefäßendothelien (z. B. atheromatöse Plaques) aktiviert. Über den Faktor XI wird dadurch auch der Faktor IX stimuliert. Dieser führt zusammen mit Faktor VIII, Ca^{2+} und Plättchenfaktor III zur Aktivierung von Faktor X. Ab dem Faktor X beginnt die gemeinsame Endstrecke von Intrinsic- und Extrinsic-System. Der aktivierte Faktor X leitet zusammen mit Faktor V in Anwesenheit von Ca^{2+} (Faktor IV) die Umwandlung von Prothrombin (Faktor II) in Thrombin ein. Thrombin begünstigt die Umwandlung von Fibrinogen (Faktor I) in Fibrin.

Das Extrinsic-System wird dadurch angestoßen, dass bei einer Gewebeerletzung subendotheliale Gewebezellen freigelegt werden, die den Gewebefaktor („tissue factor“, TF = Gewebsthromboplastin = Faktor III) enthalten. Gewebefaktor und Faktor VII bilden unter Umwandlung von Faktor VII zu Faktor VIIa einen Komplex, der zu einer Stimulierung von Faktor X und damit einer Aktivierung der gemeinsamen Endstrecke des Extrinsic- und des Intrinsic-Systems führt.

Zellbasiertes Gerinnungsmodell

Neuere Untersuchungen weisen darauf hin, dass das in den 1960er-Jahren etablierte Kaskadenmodell (▶ Abb. 16.5a) z. T. aktualisiert werden muss. Inzwischen wird meist ein modernes, zellbasiertes Hämostasemodell propagiert ([609]; [610]), denn neben den oben beschriebenen plasmatischen Gerinnungsfaktoren scheinen hämostaseologisch aktive zelluläre Komponenten für die Initiierung und Regulation der Hämostase sehr wichtig zu sein. Hierzu zählen v. a. subendotheliale Zellen (Fibroblasten), die den Gewebefaktor („tissue factor“, TF; s. o.) tragen sowie die Thrombozyten ([609]; [610]; s. a. Faktor-VIIa-Konzentrat (S. 620)). Außerdem scheinen sowohl das extrinsische als auch das intrinsische System für eine normale Gerinnung notwendig zu sein. Im zellbasierten Hämostasemodell findet die „Initialzündung“ (Initiationsphase) an extravasalen, bei einer Gefäßverletzung freigelegten TF-tragenden (TF = „tissue-factor“) tragenden Zellmembranen (v. a. von Fibroblasten) statt. An die TF-tragenden Zellen bindet Faktor VII, der dabei zu VIIa aktiviert wird (▶ Abb. 16.5b). Es kommt am TF/VIIa-Komplex zur Aktivierung von geringen Mengen an Faktor X, der zusammen mit seinem

Kofaktor Va den sog. Prothrombinasekomplex bildet und geringe Mengen an Prothrombin (II) zu Thrombin (IIa) aktiviert. In der sog. Amplifikationsphase führen die geringen Mengen an gebildetem Faktor IIa („Thrombinfunke“) zur Aktivierung von Faktor V, IX und zur Spaltung des Faktorenkomplexes VIII/vWJF in Faktor VIIIa und freiem vWJ-Faktor und v. a. zur Aktivierung von Thrombozyten (▶ Abb. 16.5b). Die Thrombozyten werden auch durch Kontakt mit TF-tragenden subendothelialen Zellen aktiviert. Die aktivierten Faktoren IXa und VIIIa bilden zusammen einen Komplex auf der Thrombozytenoberfläche. In der Propagationsphase findet dann auf der Oberfläche der aktivierten Thrombozyten durch den Faktorenkomplex Xa/Va die Bildung großer Mengen an Faktor Xa statt. Durch eine Faktor-Xa/Va-Komplexbildung auf den Thrombozyten werden enorme Mengen an Faktor IIa (Thrombin) gebildet. Es entsteht die für eine effektive Gerinnung notwendige Aktivierung großer Mengen an Prothrombin zu Thrombin (IIa) (= Thrombinburst) (▶ Abb. 16.5b). Wichtige Voraussetzungen für eine intakte Hämostase sind Normalwerte bezüglich Körpertemperatur, Säure-Basen-Haushalt, Calciumkonzentration und Hämoglobinwert (S. 1074) ([632]).

Durch das physiologischerweise vorhandene Antithrombin III (AT III; inzwischen wird meist nur noch von Antithrombin gesprochen) (Kap. 23.10.3) werden v. a. die Gerinnungsfaktoren IIa (Thrombin) und der Faktor Xa (in geringem Ausmaß aber auch die Faktoren IXa, XIa und XIIa) in ihrer Aktivität gehemmt. Antithrombin (AT) bindet sich nur sehr langsam an die Faktoren IIa (Thrombin) und Xa (und an die anderen Gerinnungsfaktoren). Die Bindung von AT an diese aktivierten Gerinnungsfaktoren (und dadurch deren Inaktivierung) kann durch die Gabe von Heparin beschleunigt werden. Heparin führt also zu einer katalytischen Beschleunigung dieser Reaktion. Heparin kann seinen antithrombotischen Effekt somit nur ausüben, wenn AT, der sog. Heparin-Cofaktor, vorhanden ist.

Die Komplexbildung aus Heparin, AT und bestimmten aktivierten Gerinnungsfaktoren hängt von der Molekülgröße des Heparins ab: Durch kleinere (fraktionierte) Heparinmoleküle mit einem niedrigen Molekulargewicht wird über eine Potenzierung der AT-Wirkung v. a. der Faktor Xa inaktiviert (also die Frühphase der Gerinnung) und deutlich geringer der Faktor IIa (also die Endphase der Gerinnung; s. u.). Größere Heparinmoleküle inaktivieren über eine Potenzierung der AT-Wirkung v. a. Thrombin (Faktor IIa), also die Endphase der Gerinnung (s. u.). Größere (unfraktionierte) Heparinmoleküle hemmen über eine Inaktivierung von Thrombin zusätzlich die thrombininduzierte Thrombozytenaggregation [587].

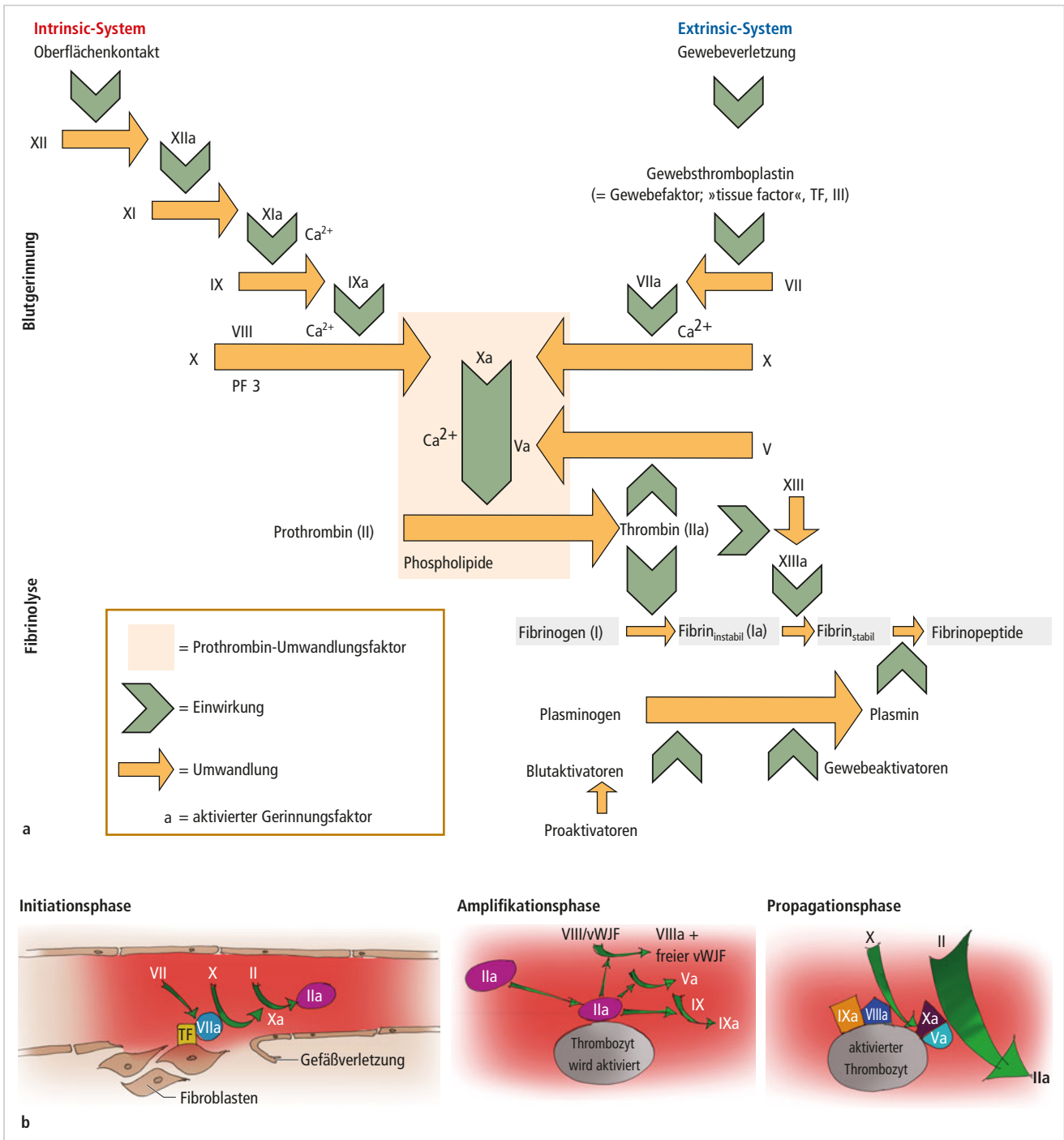


Abb. 16.5 Gerinnungsmodelle.

a Gerinnungskaskade (klassisches Gerinnungsmodell).

b Modernes, zellbasiertes Hämostase („Gerinnungs“-)modell (nach [610]) (vgl. Text). Initiationsphase: Es entstehen geringe Mengen Xa und geringe Mengen IIa („Thrombinfunke“); TF = „tissue factor“; Amplifikationsphase: IIa bindet an Thrombozyten und aktiviert diese und aktiviert andere Gerinnungsfaktoren; vWJF = Von-Willebrand-Jürgens-Faktor; Propagationsphase: Komplexbildung aus IXa + VIIIa führt zur Bildung größerer Mengen Xa. Xa + Va bilden Komplex und katalysieren riesige Mengen IIa.

Heparin-Präparate

Der erste Nachweis von Heparin gelang in Leberpräparaten. Der Name Heparin wurde daher von Hepar (= Leber) abgeleitet. Beim Heparin handelt es sich chemisch gesehen um Mucopolysaccharid-Polyschwefelsäureester-Moleküle (also um Zuckerketten). Standardheparine stellen ein Gemisch aus Heparinmolekülen unterschiedlicher Molekulargröße dar (4000–30 000 Dalton; mittlere Molekulargröße 15 000 Dalton); sie enthalten sowohl niedere als auch hochmolekulare Heparinmoleküle. Standardheparine hemmen daher zusammen mit AT den Faktor IIa und den Faktor Xa ungefähr gleich stark (außerdem werden die Faktoren IXa, XIa und XIIa gehemmt).

Aus dem Gemisch der „natürlichen“ (Standard-)Heparine wurde durch Fraktionierung ein relativ homogener, niedrig molekularer Anteil mit einem Molekulargewicht von ca. 4000–9000 Dalton (mittlere Molekulargröße < 6000 Dalton) abgetrennt (niedermolekulare Heparine, NMH). Diese Abtrennung der niedermolekularen Heparinfraktion erfolgte unter 2 Vorstellungen:

- Die antithrombotische Wirkung des Heparins ist v. a. an die Anti-Faktor-Xa-Aktivität gekoppelt, die beim NMH relativ hoch ist. Bei niedermolekularen Heparinen ist die Faktor-Xa-Hemmung etwa 2,5–4-mal so stark wie die Faktor-IIa-Hemmung.
- Die für alle Heparine typische Blutungsneigung soll bei NMH relativ gering sein, denn diese hängt v. a. von der Hemmung des Faktors IIa ab, und die Faktor-IIa-Hemmung ist beim NMH relativ gering.

Die antithrombotische Wirkung der NMH wird nach entsprechenden Metaanalysen als besser eingestuft als bei nicht fraktioniertem Heparin. Das Blutungsrisiko soll geringer sein als bei unfractioniertem Heparin. Das Risiko einer schweren heparininduzierten Thrombozytopenie (HIT II; Kap. 16.3.10) ist bei unfractioniertem Heparin wesentlich höher als unter niedermolekularem Heparin. Bei Verwendung von unfractioniertem Heparin sollten daher regelmäßig die Thrombozytenzahl kontrolliert werden [678]. Bei Verwendung von NMH kann die Kontrolle entfallen [678]. Vorteil von NMH im Vergleich zu konventionellem, unfractioniertem Heparin ist auch, dass seine Halbwertszeit deutlich länger ist und dass es nur einmal pro Tag subkutan appliziert werden muss.

Merke**M!**

Inzwischen wird offiziell empfohlen, niedermolekulares Heparin – wenn möglich – zu bevorzugen [678].

An niedermolekularen Heparinen stehen v. a. die Substanzen Certoparin (Mono-Embolex), Dalteparin (Fragmin), Nadroparin (z. B. Fraxiparin), Enoxaparin (z. B. Clexane), Reviparin (z. B. Clivarin) und Tinzaparin (innohep) zur Verfügung. Die Dosierungen der niedermolekularen Heparine im Rahmen der Thromboembolie-Prophylaxe sind ► Tab. 16.6 zu entnehmen.

16.3.6 Perioperative medikamentöse Thromboembolie-Prophylaxe speziell bei rückenmarksnaher Regionalanästhesie

Allgemeine Bemerkungen

Jede pharmakologische Thromboembolie-Prophylaxe – auch eine Low-Dose-Heparinisierung – stellt einen Eingriff in das fein abgestimmte Gerinnungssystem dar. Es stellt sich die Frage, ob bei rückenmarksnahen Anästhesien unter Low-Dose-Heparinisierung das Risiko eines periduralen Hämatoms erhöht ist, falls bei der Durchführung einer Spinal- oder Periduralanästhesie (Kap. 16.3.15) eine peridurale Vene versehentlich verletzt wird. Diese Frage ist klinisch relevant, denn bei Spinalanästhesien kommt es in ca. 7% und bei der Periduralanästhesie in bis ca. 10% zu einer versehentlichen Verletzung periduraler Venen. Zum Teil wurde bei rückenmarksnaher Punktion sogar eine Inzidenz von bis 22% angegeben [613].

2014 wurde die aktuell gültige 3. überarbeitete Empfehlung der Deutschen Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin (Beschluss des Präsidiums der DGAI vom 21.07.2014) über „Rückenmarksnaher Regionalanästhesien und Thromboembolie-Prophylaxe/antithrombotische Medikation“ publiziert [587]. Diese Empfehlung soll die in der klinischen Praxis oft anstehende Entscheidung für oder gegen ein rückenmarksnahes Regionalanästhesieverfahren erleichtern. Trotz dieser offiziellen Empfehlungen bleibt die Entscheidung für oder gegen eine rückenmarksnaher Regionalanästhesie eine individuelle Nutzen-Risiko-Abwägung. Bei dieser Entscheidung sind außerdem wei-

tere klinische Symptome (z. B. Petechien, Hämatome, Blutungen) auf der einen und das individuelle Risiko thromboembolischer und ischämischer Komplikationen infolge des Unterbrechens einer Antikoagulation auf der anderen Seite zu berücksichtigen [587]. Die nachfolgenden Ausführungen orientieren sich streng an der aktuell gültigen Empfehlung der DGAI von 2014.

Risiko spinaler periduraler Hämatome

- Spinale peridurale Hämatome können spontan auftreten, d. h., ohne zeitlichen Zusammenhang mit einer rückenmarksnahen Regionalanästhesie. Die Inzidenz wird auf 1:1 Millionen Patienten pro Jahr geschätzt [587].
- Spinale peridurale Hämatome können auch im Zusammenhang mit einer Spinal- oder Periduralanästhesie (Kap. 16.3.8; Kap. 16.3.15) auftreten. Die Inzidenz periduraler Blutungen unter Antikoagulations-Prophylaxe (Low-Dose-Heparinisierung) wurde in älteren Leitlinien der DGAI (von 2003) anhand retrospektiver Fallanalysen für die Periduralanästhesie noch mit 1:150 000 und für die Spinalanästhesie noch mit 1:220 000 angegeben [603]. Die Inzidenz ist am höchsten bei der Katheter-Periduralanästhesie, geringer bei der sog. Single-Shot-Periduralanästhesie (ohne Katheteranlage) und (aufgrund der geringeren Nadelstärke) am geringsten bei der Spinalanästhesie. Das Entfernen eines Periduralkatheters ist genauso kritisch zu bewerten wie das Einführen eines Katheters. Annähernd die Hälfte aller Blutungen ereignen sich beim Entfernen eines Periduralkatheters [587].

Die Inzidenz eines periduralen Hämatoms scheint allerdings anhand neuerer Untersuchungen deutlich häufiger zu sein ([573]; [709]; [646]; Übersicht bei [665]; [587]). In einer Studie wurde die Inzidenz einer Querschnittslähmung oder eines Versterbens des Patienten sogar mit 0,7–1,8 pro 100 000 geschätzt [581].

Merke

M!

Die Inzidenz eines periduralen Hämatoms im Rahmen einer rückenmarksnahen Regionalanästhesie ist deutlich höher als bisher angenommen. Es wird für Periduralanästhesien zumeist eine durchschnittliche Inzidenz von 1:18 000 und für Spinalanästhesien eine durchschnittliche Inzidenz von 1:156 000 angegeben ([646]; [678]; Übersicht bei [587]). Für die Periduralanästhesie wird eine sehr hohe Inzidenz für weibliche Patienten in der Orthopädie (1:3 600) sowie für die Gefäßchirurgie angegeben, während junge Frauen in der Geburtshilfe mit 1:200 000 ein sehr geringes Risiko haben (Übersicht bei [646]; [678]; [587]).

- Vermehrte spinale peridurale Blutungen können generell bei jeder hämostasehemmenden Substanz auftreten.
- Prinzipielle Aspekte zu antithrombotischer Medikation und neuroaxialen Blockaden
- Rückenmarksnahen Regionalanästhesien gelten bei gleichzeitiger Thromboembolie-Prophylaxe (Low-Dose-Heparinisierung) als vergleichsweise sicher (sofern entsprechende Sicherheitsintervalle und Dosierungen eingehalten werden (► Tab. 16.5, ► Tab. 16.6)).
- Zur Beurteilung eines Blutungsrisikos bei einer Thromboembolie-Prophylaxe sind herkömmliche Gerinnungsparameter nicht hilfreich, da diese in der Regel unverändert sind.
- Einhalten empfohlener Intervalle und Dosierungen soll ermöglicht werden, die Punktion/Katheterentfernung zum Zeitpunkt von Talspiegeln durchzuführen (► Tab. 16.5, ► Tab. 16.6).
- Das Blutungsrisiko kann umso weniger eingeschätzt werden, je mehr verschiedene Antithrombotika (z. B. niedermolekulares Heparin plus Acetylsalicylsäure) eingesetzt werden, so dass bei einer Kombination mehrerer Substanzen oder bei zusätzlichen Risikofaktoren besondere Aufmerksamkeit geboten ist!
- Risikofaktoren stellen angeborene oder erworbene Koagulopathien, die Einnahme hämostasehemmender Substanzen, anatomische oder degenerative Veränderungen der Wirbelsäule (z. B. Spina bifida, Morbus Bechterew), orthopädische und unfallchirurgische Eingriffe, weibliches Geschlecht, höheres Patientenalter, mehrfache rückenmarksnahen Punktionen, blutige rückenmarksnahen Punktionen sowie schwierige Platzierung eines rückenmarksnahen Katheters dar [587].
- Auch bei Einhalten der Zeitintervalle kam es in den letzten Jahren zu mehreren Fallberichten spinaler periduraler Hämatome bei älteren Patienten, wobei als wesentlicher Risikofaktor eine deutlich eingeschränkte Nierenfunktion identifiziert werden konnte. Bei deutlich eingeschränkter Nierenfunktion ist eine Thrombozytenfunktionsstörung zu beachten. Außerdem kumulieren bei einer deutlich eingeschränkten Nierenfunktion fast alle zur Thromboembolie-Prophylaxe verwendeten Substanzen (► Tab. 16.5). Zur Beurteilung der beeinträchtigten

Nierenfunktion und des damit verbundenen erhöhten Risikos soll die Kreatinin-Clearance herangezogen werden [587].

- Die empfohlenen Zeitintervalle (► Tab. 16.5) gelten deshalb nur für Patienten mit einer normalen (!) Nierenfunktion. Bei eingeschränkter (!) Nierenfunktion sind eine Dosisanpassung der verwendeten Antithrombotika sowie entsprechende Laborkontrollen erforderlich, um das Risiko besser eingrenzen zu können.
- Bei der Entscheidung, ob ein Antikoagulans für eine rückenmarksnahen Regionalanästhesie unterbrochen wird, muss das Blutungsrisiko gegen das Thromboembolierisiko abgewogen werden.
- Die Durchführung herkömmlicher Gerinnungstests (INR, [alternativ evtl. Quick], PTT) ist unter einer Therapie mit einem neuen, direkten oralen Antikoagulans (NOAK (S. 391)) häufig nicht sinnvoll, da diese Parameter hierbei z. T. unbeeinflusst bleiben oder verfälscht/pathologisch verändert sind [587].
- Vor allem in Abhängigkeit von der Halbwertszeit des verwendeten hämostaseologisch wirksamen Medikamentes, der Nierenfunktion, der geplanten Operation und dem geplanten Regionalanästhesieverfahren wird das hämostaseologisch aktive Medikament periprozedural mehr oder weniger lange pausiert [587].
- Für Punktionen und Katheterentfernung (Kathetermanipulation) werden die gleichen Zeitintervalle empfohlen (► Tab. 16.5).
- Eine weitere Risikoreduktion spinaler epiduraler Hämatome nach neuroaxialen Blockaden ist insbesondere dadurch möglich, dass die Thromboseprophylaxe erst postoperativ begonnen wird, d. h. dass auf eine präoperative Gabe verzichtet wird. Nach dem jetzigen Wissensstand weist ein postoperativer Beginn der Thromboseprophylaxe gegenüber einem präoperativen Beginn bei der Mehrzahl der Patienten keine Nachteile auf [587]. Ein präoperativer Beginn der Thromboseprophylaxe wird jedoch bei unfallchirurgischen Patienten mit gesteigertem Thromboembolierisiko und einer längeren präoperativen Liegezeit empfohlen [587].

16.3.7 Medikamente zur perioperativen Thromboembolie-Prophylaxe/antithrombotischen Therapie

Nachfolgend werden die zurzeit wichtigsten Medikamente beschrieben, die zur perioperativen Thromboembolie-Prophylaxe sowie zur therapeutischen Antikoagulation eingesetzt werden. Zusätzlich werden noch Medikamente näher charakterisiert, die (v. a. von Kardiologen) zur antithrombotischen Therapie (bei Patienten mit z. B. Koronarstents) verabreicht werden.

Da alle diese Medikamente die Hämostase mehr oder weniger stark beeinträchtigen, ist deren evtl. Gabe sowie Dosierung bzw. Dosierungspause vor Anlage einer zentralen (v. a. rückenmarksnahen) Punktionstechnik stets zu klären.

Die aus den nachfolgenden Beschreibungen abgeleiteten Empfehlungen für die Praxis sind in ► Tab. 16.5 und ► Tab. 16.6 zusammengefasst.

Tab. 16.5 Halbwertszeiten sowie empfohlene Zeitintervalle vor und nach rückenmarksnaher Punktion oder Katheterentfernung/-manipulation (sowie empfohlene Laborkontrollen) (nach [587]) (s. a. Text). **CAVE:** Die empfohlenen Sicherheitsintervalle gelten nur für Patienten mit normaler (!) Nierenfunktion. Bei deutlich eingeschränkter Nierenfunktion werden bei renal eliminierten Antikoagulantien neben einer Dosisanpassung auch deutlich größere Sicherheitsintervalle gefordert.

Wirkstoffgruppe oder Wirkstoff (Handelsnamen vgl. ▶ Tab. 16.6)	Halbwertszeit	vor Punktion oder Katheterentfernung	nach Punktion oder Katheterentfernung	Laborkontrolle
Antikoagulantien				
unfraktionierte Heparine (Prophylaxe) (Anm.: = ≤ 15 000 IE/d; maximal 3 × 5 000 IE/d s. c. oder 2 × 7 500 IE/d s. c.)	1,5–2 h	4 h (Anm.: bei maximal 5 000 I.E. s. c.; keine Angabe in Leitlinie, falls 7 500 I.E. s. c.)	1 h	Thrombozyten bei Anwendung > 5 d
unfraktionierte Heparine (Therapie) (Anm.: = > 15 000 I.E./d)	2–3 h	<ul style="list-style-type: none"> • i. v. Gabe: 4–6 h • s. c. Gabe: 8–12 h 	1 h (Anm.: bei niedriger i. v. Dosierung; z. B. 5 000 I.E.; die Ziel-PTT soll das 2-Fache des Normalwertes nicht überschreiten) (falls blutige Punktion: <ul style="list-style-type: none"> • bei niedriger i. v. Dosierung [z. B. 5 000 I.E. i. v.]: mindestens 2 h • bei i. v. Vollheparinisierung 6–12 h) 	aPTT, (ACT), Thrombozyten
niedermolekulare Heparine (Prophylaxe)	4–6 h; \$ (Anm.: an anderer Stelle der Leitlinie werden 6 h angegeben)	12 h; \$	4 h (Anm.: falls blutige Punktion → keine Angabe in der Leitlinie zur blutigen Punktion)	Thrombozyten bei Anwendung > 5 d
niedermolekulare Heparine (Therapie)	(Anm.: keine Angabe in [587]; [678])	24 h	4 h	Thrombozyten, Anti-Xa-Konzentration (<0,1 E/ml unbedenklich)
Fondaparinux (Prophylaxe: 1 × 2,5 mg/d)	15–20 h; \$	36–42 h; \$ (bisher keine endgültige Aussage zur Sicherheit bei rückenmarksnaher Regionalanästhesie möglich) (Anm.: Cave: siehe Legende!)	6–12 h	Anti-Xa-Konzentration (die Anti-Xa-Aktivität sollte <0,1 E/ml betragen)
Danaparoid (2 × 750 I.E./d)	22–24 h; \$	48 h; \$	3–4 h	Anti-Xa-Konzentration (<0,1 E/ml unbedenklich)
Natriumpentosanpolysulfat (max. 2 × 50 mg)	24 h	48 h	8 h	Thrombozyten
Hirudine: Desirudin	120 min; \$\$ (Cave: vgl. Text)	8–10 h; \$\$	6 h	aPTT, ECT
Bivalirudin*	25 min; \$\$ (Cave: vgl. Text)	4 h; \$\$	8 h	ACT
Argatroban (Prophylaxe); (Anm.: offiziell nicht zur Prophylaxe zugelassen); §	35–45 min	4 h	5–7 h	aPTT, ECT, ACT
Dabigatran (max. 1 × 150–220 mg/d) (= Dosierung für postoperative Thromboembolie-Prophylaxe; vgl. Text)	14–17 h; \$	28–34 h; \$ (Anm.: an anderer Stelle der Leitlinie wird ein Intervall von 34 h angegeben; vgl. Text)	6 h (Anm.: Cave: normalerweise 1. Dosis 1–4 h postoperativ! Bei OP in rückenmarksnaher Regionalanästhesie 1. Dosis erst 6 h nach Punktion [Katheterentfernung])	aPTT +, ECT, TT ++
Dabigatran (max. 2 × 150 mg/d) (= Dosierung für andere Indikationen als postoperative Thromboembolie-Prophylaxe; vgl. Text)#	14–17 h; \$	56–85 h; \$	6 h (s. o.)	aPTT +, ECT, TT ++
Rivaroxaban (1 × 10 mg/d) (= Dosierung für postoperative Thromboembolie-Prophylaxe; vgl. Text)	11–13 h; (\$)	22–26 h (vgl. Text) (\$)	4–5,5 h	PT +; kalibrierte Anti-Xa-Konzentration
Rivaroxaban (2 × 15 mg/d; 1 × 20 mg/d) (= Dosierung für andere Indikationen als postoperative Thromboembolie-Prophylaxe; vgl. Text) #	11–13 h; (\$)	44–65 h; (\$)	4–5,5 h	PT +; kalibrierte Anti-Xa-Konzentration
Apixaban (2 × 2,5 mg/d) (= Dosierung für postoperative Thromboembolie-Prophylaxe; vgl. Text)	10–15 h; (\$)	26–30 h (vgl. Text); (\$)	5–7 h	PT +; kalibrierte Anti-Xa-Konzentration
Apixaban (2 × 5 mg/d) (= Dosierung für andere Indikationen als postoperative Thromboembolie-Prophylaxe; vgl. Text) #	10–15 h; (\$)	40–75 h; (\$)	5–7 h	PT +; kalibrierte Anti-Xa-Konzentration
Vitamin-K-Antagonisten	Tage	INR < 1,4	nach Katheterentfernung	INR

Tab. 16.5 Fortsetzung

Wirkstoffgruppe oder Wirkstoff (Handelsnamen vgl. ▶ Tab. 16.6)	Halbwertszeit	vor Punktion oder Katheterentfernung	nach Punktion oder Katheterentfernung	Laborkontrolle
Thrombozytenaggregationshemmer				
Acetylsalicylsäure (100 mg/d)**	(biolog.) Lebensdauer der Thrombozyten	keine ** (Anm.: Cave: siehe Legende!)	keine ** (Anm.: Cave: siehe Legende!)	(Anm.: Cave: siehe Legende!)
Clopidogrel	(biolog.) Lebensdauer der Thrombozyten	7–10 Tage	nach Katheterentfernung (Anm.: aber nur, falls Erhaltungsdosis, nicht bei Loading-Dosis)	
Ticlopidin	(biolog.) Lebensdauer der Thrombozyten	7–10 Tage	nach Katheterentfernung	
Prasugrel	(biolog.) Lebensdauer der Thrombozyten	7–10 Tage	6 h nach Katheterentfernung (Anm.: aber nur Erhaltungsdosis, nicht Loading-Dosis)	
Ticagrelor	7–8,5 h (Anm.: Cave: aktiver Metabolit 5 Tage)	5 Tage	6 h nach Katheterentfernung (Anm.: aber nur Erhaltungsdosis, nicht Loading-Dosis)	
Abciximab	12–24 h (biologische HWZ)	Kontraindikationen für Katheteranlage/48 h vor Katheterentfernung	8 h nach Entfernung	Thrombozyten
Eptifibatid/Tirofiban	2–2,5 h; §	Kontraindikation für Katheteranlage/8–10 h vor Katheterentfernung; §	8 h nach Katheterentfernung	Thrombozyten
Dipyridamol	2–10 Tage?	Kontraindikation (Anm.: an anderer Stelle der Leitlinie wird ein Sicherheitsintervall von 7–10 Tagen genannt)	5–6 h nach Katheterentfernung	
Cilostazol	21 h	42 h	5 h	
Iloprost	30 min	2 h	8 h	Thrombozyten
Prostazyklin/PGI ₂ : Epoprostenol	2–6 min	mindestens 10 min	8 h	Thrombozyten
Prostaglandin E ₁ : Alprostadil; z. B. Prostvasin)	Anm.: keine Angabe in der Leitlinie	mindestens 10 min	8 h	Thrombozyten

Sonstige Medikamente

nichtsteroidale Antirheumatika (NSAR)		Anm.: Dosis am Abend vor der Punktion/Katheterentfernung sollte ausgelassen werden	Anm.: keine Angabe in der Leitlinie	
---------------------------------------	--	--	-------------------------------------	--

§ **Cave:** Halbwertszeit (und damit auch die Sicherheitsintervalle) wesentlich von der Nierenfunktion abhängig: (\$) = mäßig; \$ = deutlich; \$\$ = stark (vgl. Text)

* nur bei Monotherapie, nicht bei zusätzlicher Gabe eines Thrombozytenaggregationshemmers

** Unter (niedrig dosierter) Acetylsalicylsäure sollte ein zusätzlich verabreichtes Antikoagulans (bereits bei normaler Nierenfunktion) 4–5 Halbwertszeiten vor Punktion/Katheterentfernung pausiert werden, während Acetylsalicylsäure weitergegeben werden kann. Anmerkung des Autors: **Cave:** Bei Patienten mit niedrig dosierter Acetylsalicylsäure-Dauertherapie und geplante rückenmarksnahen Regionalanästhesieverfahren sollte eine Thromboseprophylaxe erst postoperativ begonnen werden!

§ verlängertes Zeitintervall bei eingeschränkter Leberfunktion

individuelle Risiko-Nutzen-Abwägung (s. Text)

+ stark abhängig vom eingesetzten Reagens

++ normale TT schließt Dabigatran-Effekt aus, nicht geeignet für quantitative Bestimmungen

(Anm. des Autors:

Cave: Da die Halbwertszeit von Fondaparinux in der DGAI-Empfehlung 2014 mit 15–20 h angegeben wird, würde ein Intervall von 4–5 HWZ deutlich größer sein als die geforderten 36–42 h.

Cave! Bei ASS-Gabe plus einer zusätzlichen Prophylaxe mit NMH wäre das Sicherheitsintervall für NMH laut der Tabelle (HWZ: 4–6 h) 4–5 × 4–6 h = 16–30 h. In den Leitlinien wird jedoch an anderer Stelle eine HWZ von 6 h angegeben, was ein 4–5 × 6 = 24–30-stündiges Sicherheitsintervall ergibt und an einer weiteren Stelle wird eine 36–42-stündige Pause gefordert. In der Stellungnahme zum Leserbrief wird ebenfalls das längere Intervall von 36–42 Stunden gefordert ([587] – Leserbrief und Stellungnahme zum Leserbrief 2015).

Cave! Bei ASS-Gabe plus zusätzlicher therapeutischer Dosierung mit NMH wird eine 48-stündige Pause plus zusätzlicher Bestimmung der Anti-Xa-Konzentration gefordert!

Cave: In der DGAI-Leitlinie 2014 wird festgestellt: Niedrig dosierte Acetylsalicylsäure erhöht das Risiko einer rückenmarksnahen Blutung im Rahmen einer neuroaxialen Blockade nicht. Wird aber zu niedrig dosierter Acetylsalicylsäure (≤ 100 mg/d) zusätzlich ein Antikoagulans verabreicht, dann ist das Risiko einer rückenmarksnahen Blutung im Rahmen einer neuroaxialen Blockade erhöht. Eine neuroaxiale Punktion unter einer Kombinationstherapie aus niedrigdosierter Acetylsalicylsäure (bis 100 mg/d) und niedermolekularem Heparin oder Fondaparinux erscheint bei Berücksichtigung eines verlängerten Zeitintervalls von 36–42 h als sicher. Bei allen anderen Antikoagulanzen – mit Ausnahme von unfraktioniertem Heparin – muss von einer rückenmarksnahen Blockade unter zeitgleicher Acetylsalicylsäure-Einnahme abgeraten werden [587].

Cave: Im Zweifelsfall Verzicht auf eine rückenmarksnahen Regionalanästhesie! Es gibt keine zwingende Indikation für eine rückenmarksnahen Regionalanästhesie! aPTT = aktivierte partielle Thromboplastinzeit; TT = Thrombinzeit („thrombine time“), PT = Prothrombinzeit („prothrombine time“), ECT = „ecarin clotting time“, ACT = „activated clotting time“

Tab. 16.6 Zugelassene Dosierungen zur venösen Thromboembolie-Prophylaxe [587] (s. a. Text).

Wirkstoff und Wirkstoffgruppe	Maximale Dosierung pro Tag im Rahmen der Thromboembolie-Prophylaxe	Handelsname (Beispiele)
Unfraktioniertes Heparin;		
Hemmung von Faktor IIa und Xa (im Verhältnis 1 : 1)		
Heparin	3 × 5 000 IE s. c. oder aPTT im Referenzbereich	Heparin-Natrium-5 000 ratio-pharm, Heparin Rotexmedica
Niedermolekulare Heparine		
starke Hemmung von Faktor Xa, geringe Hemmung von Faktor IIa (Verhältnis 2,5–4 : 1)		
Certoparin	1 × 3 000 IE Anti-Xa s. c.	Mono-Embolex
Dalteparin	1 × 5 000 IE Anti-Xa s. c.	Fragmin
Enoxaparin	1 × 40 mg s. c.	Clexane
Nadroparin	Anm. des Autors: Bei niedrigem, mittlerem oder höherem Thromboembolierisiko: 1 × 2 850 IE Anti-Xa (0,3 ml) s. c., bei Patienten mit größeren orthopädischen Operationen (v. a. Hüft-/Knie-TEP): <ul style="list-style-type: none"> • < 50 kgKG: präoperativ und postoperativ für 3 Tage 1 × 1 900 IE Anti-Xa = 0,2 ml; ab 4. postoperativen Tag 0,3 ml/d • 50–69 kgKG: prä- und postoperativ für 3 Tage 1 × 2 850 IE Anti-Xa = 0,3 ml; ab 4. postoperativen Tag 0,4 ml/d • ≥ 70 kgKG: prä- und postoperativ für 3 Tage 1 × 3 800 IE Anti-Xa = 0,4 ml, ab 4. postoperativen Tag 0,6 ml/d maximale Nadroparindosis 12 h vor rückenmarksnahem Verfahren: 0,3 ml s. c.; nur bei größeren orthopädischen Operationen (v. a. Hüft-/Knie-TEP) und ≥ 70 kgKG 0,4 ml s. c.	Fraxiparin
Reviparin	1 × 1 750 IE Anti-Xa s. c.	Clivarin
Tinzaparin	1 × 4 500 IE Anti-Xa s. c.	Innoheb
Heparinoid (Glycosaminoglycan)		
Danaparoid (v. a. Faktor Xa-Hemmung)	2 × 750 IE s. c.	Orgaran
Fondaparinux (synthetischer, reiner Faktor-Xa-Inhibitor)	1 × 2,5 mg s. c.	Arixtra
Direkte Thrombininhibitoren		
Desirudin	2 × 15 mg s. c.	Revasc
Neue direkte orale Antikoagulanzen		
Rivaroxaban	1 × 10 mg p. o.	Xarelto
Dabigatran	1 × 150–220 mg p. o.; bei deutlich eingeschränkter Nierenfunktion 1 × 75–150 mg p. o.	Pradaxa
Apixaban	2 × 2,5 mg p. o.	Eliquis
IE = internationale Einheit Anti-Xa = Anti-Faktor-Xa-Einheiten		

Merke**M!**

Als ausreichender Sicherheitsabstand zwischen letzter Applikation der Thromboembolie-Prophylaxe und neuroaxialem Verfahren kann (bei nicht eingeschränkter Nierenfunktion) normalerweise vereinfachend als Faustregel eine Zeitspanne von zwei Halbwertszeiten des entsprechenden Medikaments angesehen werden (► Tab. 16.5) ([587]; [678]). (**Cave:** Diese offiziell empfohlene Faustregel trifft allerdings nicht (!) für alle Medikamente zu – vgl. z. B. Desirudin in ► Tab. 16.5; Anmerkung des Autors).

Nach Ablauf von zwei Halbwertszeiten wird die Restaktivität des Antikoagulans mit noch 25 % angegeben. Zu diesem Zeitpunkt ist also weiterhin ein gewisser Thromboseschutz bei reduziertem Blutungsrisiko gegeben [587].

Insbesondere bei Patienten mit eingeschränkter Nierenfunktion (Kreatinin-Clearance 30–50 ml/min) akkumulieren renal eliminierte Antikoagulanzen. Neben einer Dosisanpassung ist dann ein verlängertes Sicherheitsintervall – das 4–5 Halbwertszeiten entspricht – zu fordern ([587]; [678]). Auch bei therapeutischer (!) Dosierung von Antikoagulanzen wird (bereits bei normaler Nierenfunktion) ein Sicherheitsintervall von 4–5 Halbwertszeiten gefordert ([587]; [678]) (Anmerkung des Autors: Diese offiziell empfohlene Faustregel trifft allerdings nicht (!) für alle Medikamente zu – vgl. z. B. Bivalirudin; bereits bei normaler Nierenfunktion wird z. B. für Bivalirudin ein Intervall von ca. 10 Halbwertszeiten empfohlen; ► Tab. 16.5).

Eine Kombinationstherapie aus niedrig dosierter Acetylsalicylsäure und einem weiteren antithrombotischen Medikament (unfraktioniertes/fraktioniertes Heparin oder Fondaparinux in prophylaktischer Dosierung) hat einen additiven Effekt auf die Hämostase und verlangt daher (bereits bei normaler Nierenfunktion) ein längeres Sicherheitsintervall von 4–5 Halbwertszeiten zwischen letzter Gabe des zusätzlichen antithrombotischen Medikaments und dem neuroaxialen Verfahren (vgl. ► Tab. 16.5) [587] (**Cave:** Bei Kombination mit Fondaparinux siehe Warnhinweise des Autors zu den offiziellen Empfehlungen am Ende von ► Tab. 16.5).

Unfraktioniertes Heparin (UFH)

UFH (Wirkung (S. 382) s. Kap. 16.3.5) hat die Zulassung zur Prophylaxe und Therapie von venösen und arteriellen Thromboembolien. Die maximale Prophylaxedosis sind 3×5000 E s. c. oder alternativ 2×7500 E s. c. pro Tag. Die Bioverfügbarkeit von subkutan injiziertem UFH wird mit 15–30 % angegeben, maximale Plasmakonzentrationen sind nach 30 Minuten zu erwarten [587].

Prophylaktische Dosierung

Eine niedrig dosierte Thromboembolie-Prophylaxe mit unfraktioniertem Heparin führt nicht zu einem erhöhten Blutungsrisiko bei rückenmarksnahen Regionalanästhesien, wenn ein Intervall von 4 Stunden zwischen Heparin-Gabe (maximal 5000 IE s. c.) und rückenmarksnaher Punktion bzw. Entfernung des Katheters beachtet wird (► Tab. 16.5). Eine erneute niedrig dosierte Gabe von unfraktioniertem Heparin (5000 IE) sollte frühestens 1 Stunde nach der rückenmarksnahen Punktion erfolgen.

Gerinnungsanalysen sind bei klinisch und anamnestisch unauffälligen Patienten zur Überwachung einer Thromboseprophylaxe mit unfraktioniertem Heparin nicht notwendig. Lediglich wenn eine niedrig dosierte Therapie mit unfraktioniertem Heparin über mehr als 5 Tage durchgeführt wurde, ist zum Ausschluss einer heparininduzierten Thrombozytopenie eine Bestimmung der Thrombozytenzahl notwendig.

Merke**M!**

Falls ein Patient unter ASS-Einnahme (≤ 100 mg/d) eine rückenmarksnahen Regionalanästhesie erhalten soll, dann sollte die perioperative Thromboseprophylaxe (mit unfraktioniertem Heparin) erst postoperativ begonnen werden [587].

Therapeutische Dosierung

Erhält ein Patient keine prophylaktische, sondern eine therapeutische Heparin-Dosierung (initial meist [50–]100 IE/kgKG, gefolgt von einer Erhaltungsdosis von 400 IE/kgKG/d mit einer Ziel-PTT von 1,5–2,5-fachem oberem Normalwert; z. B. kontinuierliche Heparin-Gabe über Spritzenpumpe wegen tiefer Venenthrombose; ► Tab. 48.7), so ist das Blutungsrisiko erhöht. Es darf dann weder eine Punktion vorgenommen noch darf ein Katheter entfernt werden.

Soll nach sorgfältigem Abwägen dennoch eine rückenmarksnahen Maßnahme durchgeführt, d. h., ein (Spinal- bzw. Peridural-)Katheter entfernt werden, dann muss die intravenöse Heparin-Zufuhr mindestens 4–6 Stunden vorher unterbrochen werden (► Tab. 16.5) und die Gerinnungsparameter (aPTT und/oder ACT (S. 1498) [ACT = „activated clotting time“]) müssen wieder im Normbereich liegen. Außerdem muss die Thrombozytenzahl zum Ausschluss einer heparininduzierten Thrombozytopenie vorher überprüft werden. Bei therapeutischer Dosierung mittels subkutaner Gabe ist ein Sicherheitsintervall von 8–12 Stunden zu beachten (► Tab. 16.5).

Intraoperative therapeutische Heparinisierung

Eine geplante intraoperative i. v. Heparinisierung stellt nicht zwingend eine Kontraindikation für die präoperative Anlage einer rückenmarksnahen Regionalanästhesie dar. Unfraktioniertes, niedrig dosiertes Heparin (z. B. 5000 IE) darf jedoch frühestens 1 Stunde nach der spinalen oder periduralen Punktion gegeben werden, wobei die Ziel-ACT (ACT (S. 1498) = „activated clotting time“) nicht höher als das 2-Fache des Normalwertes sein sollte.

Tritt bei einem Patienten mit beabsichtigter intraoperativer Heparinisierung eine blutige rückenmarksnahen Punktion auf, dann sollte vor einer niedrig dosierten, intraoperativen Antikoagulation (z. B. 5000 IE Heparin i. v.) mindestens 2 Stunden gewartet werden bzw. vor einer intraoperativen Vollheparinisierung (z. B. für Herz-Lungen-Maschine) mindestens ein Sicherheitsintervall von 6–12 Stunden Abstand eingehalten werden bzw. ggf. die Operation entsprechend verschoben werden. Um solche organisatorische Verzögerungen vermeiden zu können, empfiehlt es sich oft, den Periduralkatheter bereits am Vorabend zu legen. Dies wird insbesondere bei kardiochirurgischen Eingriffen unter Einsatz einer extrakorporalen Zirkulation empfohlen.

Niedermolekulare Heparine (NMH)

NMH (Wirkung (S.382) s. Kap. 16.3.5) sind bei Patienten mit hohem Risiko (z. B. Hüft- oder Knieendoprothese, Traumapatienten) in der Thromboembolie-Prophylaxe den unfractionierten Heparinen überlegen, ohne zu erhöhten Blutungskomplikationen zu führen. Sie gelten daher als Goldstandard in der Thromboembolie-Prophylaxe bei Hochrisikopatienten.

Merke

M!

In der S 3-Leitlinie zur Thromboembolie-Prophylaxe wird empfohlen, die niedermolekularen Heparine allgemein zu bevorzugen [678].

- Vorteile der niedermolekularen Heparine bestehen in der hohen Bioverfügbarkeit (> 90 %) nach subkutaner Applikation sowie der längeren Halbwertszeit von 4–6 Stunden, sodass sie nur einmal täglich verabreicht werden müssen.
- Nach subkutaner Gabe von niedermolekularen Heparinen werden nach ca. 3–4 Stunden maximale Wirkspiegel erreicht.
- Eine heparininduzierte Thrombozytopenie wird durch niedermolekulare Heparine wesentlich seltener hervorgerufen als durch unfractionierte Heparine (ca. 10-fache Risikoreduktion). Trotzdem sollten sie bei Patienten mit einer heparininduzierten Thrombozytopenie Typ II nicht (!) verabreicht werden, da eine hohe Kreuzreaktivität von ca. 90 % besteht.
- Nach subkutaner Gabe eines niedermolekularen Heparins beträgt die terminale Eliminationshalbwertszeit bei Nierengesunden 4–6 Stunden. Bei einer schwer beeinträchtigten Nierenfunktion (Kreatinin-Clearance < 30 ml/min) kommt es sowohl zu einer höheren maximalen Anti-Xa-Aktivität als auch zu einer Verlängerung der Eliminationshalbwertszeit auf bis zu 16 Stunden.

Merke

M!

Bei niedermolekularen Heparinen ist bei einer Kreatinin-Clearance < 30 ml/min eine Dosisreduktion entsprechend der Fachinformationsempfehlung notwendig. Zusätzlich soll die Anti-Xa-Konzentration kontrolliert werden [587].

- Niedermolekulare Heparine weisen im Gegensatz zu unfractionierten Heparinen eine deutlichere Förderung der fibrinolytischen Aktivität sowie eine geringere Thrombozyteninteraktion auf. Diese spiegelt sich in einer größeren Thrombusregression bei der Therapie tiefer Venenthrombosen wider.
- Zwischen der subkutanen Gabe eines niedermolekularen Heparins in Prophylaxedosis (z. B. bei Nadroparin $1 \times 0,3$ ml/d; nur bei größeren orthopädischen Operationen $1 \times 0,2/0,3/0,4$ ml/d; ▶ Tab. 16.6) und der Anlage einer Spinal- bzw. Periduralanästhesie bzw. eines entsprechenden Katheters bzw. dem Entfernen eines Spinal- oder Periduralkatheters sollte ein Zeitintervall von 12 Stunden nicht unterschritten werden, um Blutungskomplikationen zu vermeiden (▶ Tab. 16.5). Dies bedeutet, dass niedermolekulare Heparine zur Thromboseprophylaxe am Abend vor der Operation verabreicht werden können, ohne mit einer geplanten Regionalanästhesie zu in-

terferieren. Werden niedermolekulare Heparine hingegen in therapeutischer Dosierung 1- oder 2-mal täglich verabreicht, so sollten mindestens 24 Stunden (4–5 Halbwertszeiten) nach der letzten Applikation abgewartet werden. Ob ein 24-stündliches Zeitintervall bezogen auf das Thromboserisiko vertretbar ist, muss im Einzelfall abgewogen werden und ggf. (z. B. Z. n. mechanischem Klappenersatz) muss bei hohem Thromboembolie-Risiko auf ein rückenmarksnahes Regionalanästhesieverfahren verzichtet werden.

- Nach rückenmarksnaher Punktion bzw. nach Entfernen eines (Spinal- oder Peridural-)Katheters sollte niedermolekulares Heparin frühestens nach 4 Stunden wieder gegeben werden.
- Wird bei Patienten mit deutlich eingeschränkter Nierenfunktion (Kreatinin-Clearance ≤ 30 ml/min) unter prophylaktischer Gabe von NMH im Rahmen einer individuellen Risiko-Nutzen-Abwägung die Indikation zu einem rückenmarksnahen Anästhesieverfahren gestellt, so sollte ein Zeitintervall von 4–5 Halbwertszeiten (4–5 \times 6 h) zwischen letzter Gabe und Punktion/Katheterentfernung eingehalten werden (vgl. auch Legende zu ▶ Tab. 16.5). Zusätzlich sollte im Zweifel bei Patienten mit deutlich eingeschränkter Nierenfunktion der Anti-Xa-Spiegel bestimmt werden; bei Werten < 0,1 E/ml ist eine Punktion/Katheterentfernung unbedenklich.
- Wenn Patienten Acetylsalicylsäure einnehmen, sollte 36–42 h vor geplanter Punktion oder Katheterentfernung kein prophylaktisch dosiertes NMH verabreicht werden (vgl. auch Legende zu ▶ Tab. 16.5); bei therapeutischer NMH-Gabe sollte mindestens 48 h pausiert und darüber hinaus der Anti-Xa-Spiegel bestimmt werden.
- Sowohl unter einer perioperativen Thromboembolie-Prophylaxe als auch unter einer Therapie von Thromboembolien mit niedermolekularem (!) Heparin bleiben die Gerinnungsparameter aPTT und ACT weitgehend unbeeinflusst, sodass sie nicht zur Kontrolle herangezogen werden können. Der antikoagulatorische Effekt der niedermolekularen Heparine könnte aber durch die Bestimmung der Anti-Faktor-Xa-Aktivität im Plasma mittels funktioneller Tests (Anti-Xa-Aktivität, Hep-Test) einfach erfasst werden. Ein regelhaftes Monitoring ist jedoch nicht erforderlich.

Merke

M!

Falls ein Patient unter ASS-Einnahme (≤ 100 mg/d) eine rückenmarksnaher Regionalanästhesie erhalten soll, dann sollte die perioperative Thromboseprophylaxe (mit fraktioniertem Heparin) erst postoperativ begonnen werden [587].

Fondaparinux (z. B. Arixtra)

- Fondaparinux ist zugelassen zur Prophylaxe venöser thromboembolischer Ereignisse (bei größeren orthopädischen Eingriffen an der unteren Extremität oder bei abdominalen Eingriffen mit hohem Risiko für thromboembolische Komplikationen) und zur Therapie der tiefen Beinvenenthrombose, oberflächlichen Venenthrombose und/oder Lungenarterienembolie sowie bei akutem Koronarsyndrom.
- Fondaparinux ist ein vollsynthetisch hergestelltes Pentasaccharid. Es führt zu einer durch Antithrombin vermittelten selektiven Inhibierung von Faktor Xa ohne Hemmung von

Thrombin (Faktor IIa). Die Wirkung kann durch Anti-Faktor-Xa-Tests überprüft werden.

- Die Thrombozytenaggregation wird nicht beeinträchtigt. Eine Kreuzreaktivität mit heparininduzierten Antikörper besteht nicht (vgl. HIT II; Kap. 16.3.10).
- Im Vergleich zu niedermolekularen Heparinen konnte für Fondaparinux eine Überlegenheit bei Patienten mit Knie- oder Hüftendoprothesen sowie Hüftfrakturen gezeigt werden ([558]; [589]; [704]).
- Die erste Gabe erfolgt 6–12 Stunden nach Operationsende [587]. Laut S3-Leitlinie kann das Intervall auch auf 20 Stunden ausgedehnt werden (► Tab. 16.4) [678]. Die Dosierung ist unabhängig von Alter und Körpergewicht und beträgt einmal täglich 2,5 mg (0,5 ml) subkutan. Höhere Dosierungen steigern die Rate an Blutungskomplikationen, ohne die Thromboembolie-Rate zu senken und sind nur zur therapeutischen Antikoagulation zugelassen. Die therapeutische Dosierung ist gewichtsabhängig: bei < 50 kgKG: 1 × 5 mg/d s. c., bei 50–100 kgKG: 1 × 7,5 mg/d s. c., bei > 100 kgKG: 1 × 10 mg/d s. c.
- Die Plasmahalbwertszeit ist mit ca. 15–20 Stunden relativ lang. Es braucht daher nur 1-mal pro Tag verabreicht werden. Die Plasmaspiegel erreichen auch bei Nierengesunden erst 2–3 Tage nach Beginn der Gabe von Fondaparinux ein stabiles Niveau. (Fondaparinux ist bei einer Kreatinin-Clearance < 20 ml/min kontraindiziert und bei einer Kreatinin-Clearance von 20–50 ml/min ist die Dosis von 2,5 auf 1,5 mg/d zu reduzieren ([587]; [678]).
- Aufgrund des postoperativen Therapiebeginns bietet die Substanz Vorteile bei rückenmarksnahen Regionalanästhesien, da die Gerinnung zum Zeitpunkt der Punktion nicht beeinträchtigt ist. Die ansteigenden Plasmaspiegel über die ersten Therapietage sowie die Akkumulation bei deutlich eingeschränkter Nierenfunktion sind insbesondere bei der Entfernung eines Periduralkatheters zu berücksichtigen. Die Entfernung eines Periduralkatheters bei prophylaktischer Fondaparinux-Gabe scheint nach einem Sicherheitsintervall von 36–42 h sicher zu sein (vgl. ► Tab. 16.5). Zur Sicherheit von Fondaparinux bei neuroaxialer Blockade kann bisher jedoch keine endgültige Aussage getroffen werden [587].
- Bei einer therapeutischen (!) Antikoagulation mit Fondaparinux (5–10 mg s. c.) sollte aufgrund der langen Halbwertszeit und des erheblichen Akkumulationspotenzials auf eine rückenmarksnahen Regionalanästhesie verzichtet werden.

Neue, direkte orale Antikoagulanzen

Seit wenigen Jahren besteht auch die Möglichkeit zur Durchführung einer oralen (!) Thromboseprophylaxe oder therapeutischen Antikoagulation mit neuen, direkten oralen Antikoagulanzen. Es stehen Dabigatran (Pradaxa), Rivaroxaban (Xarelto), Apixaban (Eliquis) und inzwischen auch Edoxaban (Lixiana) zur Verfügung (Übersicht: bei [681]; [587]). Diese neuen, direkten oralen Antikoagulanzen (NOAK oder DOAK) weisen bei einer therapeutischen Antikoagulation als Vorteile gegenüber Vitamin-K-Antagonisten u. a. einen rascheren Wirkungsbeginn (1–4 h) und eine kürzere Halbwertszeit (10–17 h) auf. Während bei den Vitamin-K-Antagonisten regelmäßige Gerinnungskontrollen (INR-Wert oder alternativ evtl. Quick-Wert) notwendig sind, ist dies bei den NOAK nicht notwendig [587].

Aufgrund des günstigeren Nutzen-Risiko-Profiles, insbesondere der geringeren Blutungskomplikationen und der besseren Steuerbarkeit, verdrängen die NOAK die Vitamin-K-Antagonisten im Rahmen der therapeutischen Antikoagulation zunehmend vom Markt [587]. Bei Patienten mit valvulär bedingtem Vorhofflimmern (mechanische Herzklappe, zumindest mittelgradige Mitralklappenstenose) sollte jedoch weiterhin nur ein Vitamin-K-Antagonist eingesetzt werden. Sämtliche NOAK sollten bei deutlich eingeschränkter Nierenfunktion mit einer Kreatinin-Clearance < 30 ml/min nicht mehr verabreicht werden [587]. Beim Einsatz von NOAK bestehen bisher allerdings nur limitierte Erfahrungen in Kombination mit rückenmarksnahen Regionalanästhesieverfahren [678].

Dabigatran

Dabigatran (Pradaxa) ist ein direkter, reversibler Thrombin-(Faktor-IIa)-Inhibitor. Neben freiem Thrombin werden auch fibrinogengebundenes Thrombin und die thrombininduzierte Thrombozytenaggregation gehemmt. Als Indikationen für Dabigatran werden genannt:

- Prävention venöser Thromboembolien nach elektivem Hüft-/Knieersatz
- Prävention von Schlaganfall und systemischer Embolie
- Patienten mit nicht valvulärem Vorhofflimmern
- Behandlung tiefer Venenthrombosen und Lungenembolien sowie
- Prävention rezidivierender Lungenembolien.

Für Dabigatran (Pradaxa) werden nach Knie- oder Hüftgelenkersatz zur Thromboembolie-Prophylaxe am 1. Tag 1 × 110 mg und ab dem 2. Tag 1 × 220 mg/d empfohlen. Patienten > 75 Jahre und z. B. Patienten mit leicht eingeschränkter Nierenfunktion (Kreatinin-Clearance 30–50 ml/min) erhalten am 1. Tag 75 mg und ab dem 2. Tag 1 × 150 mg/d. Die erste Dosis sollte 1–4 Stunden nach der Operation verabreicht werden. Wurde allerdings eine rückenmarksnahen Regionalanästhesie durchgeführt, darf die erste Dosis erst 6 h nach Punktion gegeben werden! Zur Prävention von Schlaganfall und systemischer Embolie bei erwachsenen Patienten mit nicht valvulärem Vorhofflimmern, die einen oder mehrere Risikofaktoren für Thrombose/Schlaganfall (wie TIA, Schlaganfall in der Anamnese, Alter ≥ 75 Jahre, Hypertonie, Diabetes mellitus, Herzinsuffizienz; ► Tab. 58.2) aufweisen, werden 2 × 150 mg/d empfohlen. Dabigatran weist im Vergleich zu Vitamin-K-Antagonisten ein überlegenes Nutzen-Risiko-Profil auf, insbesondere eine hochsignifikant geringere Inzidenz intrakranieller Blutungen. Bei deutlich eingeschränkter Nierenfunktion (Kreatinin-Clearance < 30 ml/min) ist Dabigatran kontraindiziert. Eine sensitive Überwachungsmethode der antikoagulatorischen Wirkung von Dabigatran ist die Thrombinzeit (TT). Eine normale TT bestätigt das Fehlen einer antikoagulatorischen Wirkung von Dabigatran. Bezüglich der notwendigen Sicherheitsintervalle im Rahmen einer rückenmarksnahen Regionalanästhesie/Katheterentfernung wird auf ► Tab. 16.5 verwiesen. In Zweifelsfällen sollte vor einem rückenmarksnahen Verfahren die TT bestimmt werden. Bei schwerer Blutungskomplikation stehen PPSB und Faktor VIIa als Ultima Ratio zur Verfügung. Seit 2016 ist ein spezielles Antidot gegen Dabigatran auf dem Markt (Idarucizumab, Praxbind) 2,5 g/50 ml Injektions-/Infusionslösung; das ein spezifisches

Antikörperfragment darstellt und die Dabigatranwirkung neutralisieren kann (Dosierung: 5 g = 2 Durchstechflaschen à 2,5 g/50 ml. Bei erneut auftretender Blutung evtl. zweite Dosis à 5 g erwägen.) Dabigatran ist dialysierbar.

Rivaroxaban

Rivaroxaban (Xarelto) ist ein direkter Faktor-Xa-Inhibitor. Die Indikationen für Rivaroxaban entsprechen denen von Dabigatran (s. o.). Zusätzlich ist es zur Sekundärprophylaxe des akuten Koronarsyndroms zugelassen. Für Rivaroxaban (Xarelto) werden empfohlen:

- 1 × 10 mg/d zur Thromboembolie-Prophylaxe nach Hüft- oder Kniegelenkersatz
- 1 × 20 mg/d bei Vorhofflimmern (zur Prävention von Schlaganfall und systemischer Embolie bei erwachsenen Patienten mit nicht valvulärem Vorhofflimmern und einem oder mehreren Risikofaktoren dafür [wie TIA, Schlaganfall in der Anamnese, Alter ≥ 75 Jahre, Hypertonie, Diabetes mellitus, Herzinsuffizienz; ▶ Tab. 58.2])
- 2 × 15 mg/d über 21 d, danach 1 × 20 mg/d zur Therapie der tiefen Venenthrombose und Lungenembolie bei Erwachsenen
- 2 × 2,5 mg/d zur Sekundärprophylaxe des akuten Koronarsyndroms

Die erste postoperative Thromboembolie-Prophylaxe-Dosis sollte 6–10 Stunden nach der Operation (wenn die Hämostase eingesetzt hat) verabreicht werden. Bei deutlich eingeschränkter Nierenfunktion ist eine Dosisreduktion notwendig.

Bei einer schwer beeinträchtigten Nierenfunktion (GFR < 15 ml/min) oder bei einer schweren Leberfunktionsstörung ist Rivaroxaban kontraindiziert. Soll ein rückenmarksnahes Regionalanästhesieverfahren durchgeführt werden, dann ist bei normaler Nierenfunktion zwischen letzter Gabe (10 mg/d) und Punktion/Katheterentfernung ein Intervall von 22–26 h einzuhalten. Bei eingeschränkter Nierenfunktion mit einer Kreatinin-Clearance von 30–80 ml/min oder einer höheren Dosierung (2 × 15 mg/d; 1 × 20 mg/d) sollte ein Intervall von 4–5 Halbwertszeiten (44–65 h) eingehalten werden (vgl. ▶ Tab. 16.5). Nach Punktion/Katheterentfernung sollten 4–5,5 h bis zur nächsten Gabe vergehen. Bei zusätzlicher Gabe eines Thrombozytenaggregationshemmers zu Rivaroxaban ist auf ein rückenmarksnahes Verfahren zu verzichten. Für Rivaroxaban steht bisher kein Antidot zur Verfügung. Möglicherweise steht in naher Zukunft mit Andexanet alpha ein umfassendes Antidot gegen Anti-Xa-Inhibitoren zur Verfügung. Die Wirkung kann bei schweren Blutungen vermutlich durch PPSB aufgehoben werden und als Ultima Ratio wird aktivierter Faktor VII angegeben. Rivaroxaban ist *nicht* dialysierbar.

Edoxaban

Edoxaban (Lixiana) ist ein Faktor-Xa-Inhibitor, der zur therapeutischen oralen Antikoagulation eingesetzt werden darf (Dosierung normalerweise 1 × 60 mg/d). Indikationen sind Prophylaxe von Schlaganfällen und systemischen Embolien bei erwachsenen Patienten mit nichtvalvulärem Vorhofflimmern (bei einem oder mehreren Risikofaktoren dafür; ▶ Tab. 58.2) sowie Prophylaxe und Therapie der tiefen Venenthrombosen/Lungenembolie. Möglicherweise steht in naher Zukunft mit Andexanet alpha ein umfassendes Antidot gegen Anti-Xa-Inhibitoren zur Verfügung.

Apixaban

Apixaban (Elequis) ist ein reversibler, hochspezifischer Faktor-Xa-Inhibitor. Zur Prophylaxe venöser Thromboembolien ist eine Dosierung von 2 × 2,5 mg/d – beginnend 12–24 h postoperativ – zugelassen. In der perioperativen Thromboembolie-Prophylaxe bei Hüft- oder Kniegelenkersatz ist Apixaban effektiver als das niedermolekulare Heparin Enoxaparin. Zur Prophylaxe von Schlaganfällen und systemischen Embolien bei Erwachsenen mit nicht valvulärem Vorhofflimmern und einem oder mehreren Risikofaktoren dafür (wie TIA, Schlaganfall in der Anamnese, Alter ≥ 75 Jahre, Hypertonie, Diabetes mellitus, Herzinsuffizienz; ▶ Tab. 58.2) ist eine Dosierung von 2 × 5 mg/d (bei Patienten mit ≥ 2 der folgenden Kriterien nur 2 × 2,5 mg/d: ≥ 80 Jahre, ≤ 60 kgKG, Kreatinin ≥ 1,5 mg/dl) zugelassen. Solange die Kreatinin-Clearance ≥ 30 ml/min beträgt, braucht die Apixaban-Dosis nicht reduziert zu werden (außer bei Patienten, die mindestens 2 der Kriterien für eine Dosisanpassung aufweisen [Alter ≥ 80 Jahre; ≤ 60 kgKG, Kreatinin ≥ 1,5 mg/dl]), bei 15–29 ml/min ist es ebenfalls mit Vorsicht (2 × 2,5 mg) zu verabreichen und bei < 15 ml/min ist es kontraindiziert. Für die Behandlung tiefer Venenthrombosen (TVT) und Lungenembolien (LE) sowie zur Prophylaxe rezidivierender TVT und LE bei Erwachsenen ist Apixaban ebenfalls zugelassen (Dosierung vgl. Produktinformation). Bei eingeschränkter Leberfunktion ist – je nach Ausmaß – Apixaban mit Vorsicht zu verabreichen oder kontraindiziert.

Bei rückenmarksnahen Verfahren soll unter niedriger/prophylaktischer Dosierung (2 × 2,5 mg/d) vor Punktion/Katheterentfernung ein Intervall von 26–30 h nach der letzten Gabe eingehalten werden (▶ Tab. 16.5). Bei eingeschränkter Nierenfunktion (Kreatinin-Clearance 30–50 ml/min oder Serumkreatinin ≥ 1,5 mg/dl und/oder Alter > 80 Jahre oder bei höherer therapeutischer Dosierung (2 × 5 mg/d) sollte das Intervall 4–5 Halbwertszeiten (40–75 h) betragen.

Bei zusätzlicher Gabe eines Thrombozytenaggregationshemmers sollte auf ein rückenmarksnahes Verfahren verzichtet werden. Möglicherweise steht in naher Zukunft mit Andexanet alpha ein umfassendes Antidot gegen Anti-Xa-Inhibitoren zur Verfügung.

Bei Blutungen können PPSB oder Faktor VIIa als Ultima Ratio eingesetzt werden.

Apixaban ist nicht dialysierbar.

Vitamin-K-Antagonisten

Vitamin-K-Antagonisten (Phenprocoumon [z. B. Marcumar], Warfarin) führen zu einer Synthesehemmung der Vitamin-K-abhängigen Gerinnungsfaktoren (S. 1075) (II, VII, IX und X). Eine therapeutische Antikoagulation mit Vitamin-K-Antagonisten stellt eine absolute Kontraindikation für Regionalanästhesieverfahren dar. Da die Normalisierung der Gerinnungsparameter auch nach Absetzen dieser Substanzen mehrere Tage in Anspruch nehmen kann, muss die Normalisierung entsprechend abgewartet werden und die Gerinnung muss laborchemisch überprüft werden. Eine schnellere Normalisierung kann durch die Gabe von Vitamin K, eine sehr schnelle Normalisierung kann durch die Substitution der Vitamin-K-abhängigen Gerinnungsfaktoren (PPSB (S. 619)) erreicht werden. Eine PPSB-Gabe sollte aber nur bei entsprechender Indikation und unter einer individuellen Nutzen-Risiko-Abwägung erfolgen (Thromboembolie-Prophylaxe).

Merke**M!**

Eine Normalisierung der Gerinnung mit Gerinnungsfaktoren allein mit dem Ziel, eine rückenmarksnahe Regionalanästhesie durchzuführen, erscheint nicht indiziert. Vitamin-K-Antagonisten sollten erst nach Katheterentfernung gegeben werden.

Detailwissen**Danaparoid und direkte Thrombininhibitoren****Danaparoid (Organon)**

Das Heparinoid Danaparoid ist ein Glycosaminoglycangemisch. Die Wirkung basiert überwiegend auf einer durch Antithrombin vermittelten Inhibierung von Faktor Xa. Danaparoid ist zur Thromboseprophylaxe und Therapie bei heparininduzierter Thrombozytopenie (Kap. 16.3.10) zugelassen, obwohl es bei ca. 10% aller Patienten zu einer Kreuzreaktivität mit heparininduzierten Antikörpern kommen kann. Die Wirksamkeit in der perioperativen Thromboembolie-Prophylaxe (2×750 IE s. c. bei Kontraindikation gegen Heparin; Dosierung bei früherer HIT: vgl. Kap. 16.3.10) und das Blutungsrisiko sind denen bei niedermolekularen Heparinen vergleichbar und damit den unfractionierten Heparinen überlegen. Die terminale Plasmahalbwertszeit beträgt beim Gesunden 22–24 Stunden und ist bei deutlich eingeschränkter Nierenfunktion erheblich verlängert. Bei Patienten mit einer eingeschränkten Nierenfunktion oder einem Körpergewicht von >90 kg wird ein- bis zweimal pro Woche eine Bestimmung der Anti-Xa-Konzentration und ggf. eine Dosisanpassung empfohlen. Unter Danaparoid wurden schwere Blutungen beobachtet. Trotz der sehr langen Halbwertszeit wird die Substanz zur Thromboembolie-Prophylaxe zweimal täglich verabreicht, sodass echte Talspiegel vermutlich nicht erreicht werden. Empfehlungen zur Thromboseprophylaxe sehen vor, Danaparoid erstmalig 2 Stunden präoperativ zu verabreichen. Wird nach einer individuellen Nutzen-Risiko-Abwägung die Indikation für ein rückenmarksnahe Regionalanästhesieverfahren gestellt, dann sollte die präoperative prophylaktische Danaparoid-Gabe 48 Stunden ausgesetzt und zusätzlich eine Anti-Xa-Aktivitätsmessung durchgeführt werden. Bei Werten $<0,1$ E/ml ist eine Punktion/Katheterentfernung unbedenklich. Aufgrund der sehr langen Halbwertszeit und der Akkumulation bei deutlich eingeschränkter Nierenfunktion sollten bevorzugt Single-Shot-Regionalanästhesien durchgeführt und auf Kathetertechniken sollte verzichtet werden. Bei therapeutischer Danaparoid-Gabe sollte auf rückenmarksnahe Verfahren verzichtet werden. Die therapeutische Dosierung wird in Kap. 16.3.10 beschrieben. Danaparoid ist nicht antagonistisierbar und nicht hämofiltrierbar. Es kann nur durch Plasmapherese eliminiert werden.

Direkte Thrombininhibitoren

Zu den direkten Thrombininhibitoren (die ohne Vermittlung von AT III wirken) gehören die rekombinanten (gentechnisch hergestellten) Hirudine, (Desirudin [Revasc] sowie Bivalirudin [z. B. Angiox]) und das Argatroban (z. B. Argatra). Argatroban ist zur therapeutischen Antikoagulation bei HIT II (Kap. 16.3.10), Bivalirudin ist als Antikoagulans im Rahmen einer perkutanen Koronarintervention und Desirudin ist zur Thromboseprophylaxe bei

Vitamin-K-Antagonisten werden im Rahmen einer therapeutischen Antikoagulation zunehmend durch DOAKs ersetzt (S.391). Bei Patienten mit valvulär bedingtem Vorhofflimmern oder mechanischer Herzklappe sollte jedoch weiterhin nur ein Vitamin-K-Antagonist eingesetzt werden.

Weitere Medikamente zur perioperativen Thromboembolie-Prophylaxe

elektivem Hüft- oder Kniegelenkersatz zugelassen. Direkte Thrombininhibitoren können zur Thromboseprophylaxe sowie zur therapeutischen Antikoagulation eingesetzt werden. Sie können – im Gegensatz zu Heparinen – auch bereits an Fibrin gebundenes Thrombin inaktivieren. Für die Wirkung der direkten Thrombininhibitoren ist kein Antithrombin oder ein anderer Cofaktor notwendig. Direkte Thrombininhibitoren beeinflussen die PTT, den INR-Wert (alternativ evtl. Quick-Wert) und die „ecarin clotting time“ (ECT). Nach einer subkutanen Injektion von Desirudin ist die PTT (auch bei niedriger Dosierung) verlängert. Eine verlängerte PTT scheint bei Desirudin – im Gegensatz zu Heparinen – für die Wirksamkeit einer Thromboembolie-Prophylaxe (2×15 mg Desirudin) erforderlich zu sein.

- Bei **Desirudin** sollte ein Abstand von mindestens 8–10 Stunden (bei normaler Nierenfunktion) zwischen der Gabe der Substanz und einer rückenmarksnahen Punktion eingehalten werden (► Tab. 16.5). Bei einer Kreatinin-Clearance <30 ml/min oder einer schweren Leberfunktionsstörung besteht eine Kontraindikation. Bei leichter oder mäßiger Nieren- oder Leberfunktionsstörung muss die PTT überwacht werden, ggf. ist dann eine entsprechende Dosisreduktion notwendig. Nach Durchführung einer rückenmarksnahen Regionalanästhesie sollte vor erneuter Gabe von Desirudin ein Abstand von mindestens 6 Stunden eingehalten werden.
- **Argatroban** wird nicht renal, sondern ausschließlich hepatisch eliminiert (Übersicht bei [623]). Es wird zur therapeutischen Antikoagulation bei der HIT II eingesetzt (empfohlene Dosierung $1\text{--}2$ $\mu\text{g/kgKG/min}$; öfter reicht auch eine Dosierung <1 $\mu\text{g/kgKG/min}$ aus; Ziel-PTT: 1,5- bis 3-facher Normalwert). Bei eingeschränkter Leberfunktion oder kritisch kranken Patienten ist eine Wirkungsverlängerung zu erwarten und eine Dosisreduktion (initial $0,5$ $\mu\text{g/kgKG/min}$) notwendig. Wird Argatroban im Rahmen einer akuten HIT eingesetzt, dann ist eine rückenmarksnahe Regionalanästhesie kontraindiziert. Wird Argatroban zur Prophylaxe einer tiefen Venenthrombose verabreicht, so sind bei rückenmarksnahen Regionalanästhesien die in ► Tab. 16.5 offiziell angegebenen Sicherheitsintervalle zu beachten (Anmerkung des Autos dieses Buches: Argatroban ist allerdings offiziell nicht zur Thromboembolie-Prophylaxe zugelassen, sondern nur zur therapeutischen Antikoagulation).
- **Bivalirudin** soll in Kombination mit Acetylsalicylsäure und Clopidogrel angewendet werden. Bivalirudin wird als Bolus ($0,75$ mg/kgKG i. v.) mit anschließender Infusion ($1,75$ mg/kgKG/h) verabreicht. Die Therapieüberwachung erfolgt mittels ACT. Bereits bei einer Kreatinin-Clearance <60 ml/min ist eine Dosisreduktion notwendig und bei <30 ml/min ist es kontraindiziert. Rückenmarksnahe Regionalanästhesien sind unter Bivalirudin kontraindiziert.

Thrombozytenaggregationshemmer

Zu den Thrombozytenaggregationshemmern zählen Acetylsalicylsäure (sowie die ähnlich wirkenden NSAR), die P2Y₁₂-Inhibitoren, die Glycoprotein-IIb/IIIa-Rezeptor-Inhibitoren, die Phosphodiesterase-Inhibitoren und die antiaggregatorischen Prostaglandine. Thrombozytenaggregationshemmer nehmen in der Therapie und Sekundärprophylaxe von arteriosklerotischen Erkrankungen eine herausragende Stellung ein. Ihr Indikationsspektrum reicht vom akuten Koronarsyndrom (ACS), von der perkutanen Koronarintervention (PCI) und der herzchirurgischen Operation über die periphere arterielle Verschlusskrankheit (pAVK) und Vorhofflimmern bis zum Schlaganfall [587]. Während Acetylsalicylsäure in niedriger Dosierung (≤ 100 mg/d) bei rückenmarksnahen Regionalanästhesien nicht abgesetzt werden sollte/muss (s. u.), müssen bei allen anderen Thrombozytenaggregationshemmern substanzspezifische Zeitintervalle zwischen letzter Gabe und Durchführung der zentralen Nervenblockade beachtet werden (► Tab. 16.5) [587].

Acetylsalicylsäure

Wirkungen

Acetylsalicylsäure (ASS) führt – über eine Inhibierung der Cyclooxygenase – bereits nach einmaliger Gabe dosisabhängig zu einer irreversiblen Hemmung der Thrombozytenfunktion. Aufgrund des fehlenden Zellkerns sind Thrombozyten nicht in der Lage, die Cyclooxygenase neu zu synthetisieren, sodass der Effekt auch nach Absetzen von ASS für die Lebensdauer der Thrombozyten anhält. Unter Steady-State-Bedingungen beträgt die Verweildauer der Thrombozyten im Blut zwischen 5 und 11 Tage; 10–15% des Thrombozytenpools werden täglich ersetzt, d. h., nach 5–7 Tagen sind 50–105% des Thrombozytenpools ausgetauscht [587]. Bereits 3–4 Tage nach Absetzen von Acetylsalicylsäure ist dessen Wirkung auf die Thrombozytenfunktion vernachlässigbar. Hieraus kann abgeleitet werden, dass es vor Operationen in sensiblem Gebiet [Operation am ZNS, Prostataresektionen und Tonsillektomien] nicht notwendig ist, Acetylsalicylsäure schon 7–10 Tage präoperativ abzusetzen [602].

Bei operierten Patienten wird unter Acetylsalicylsäure eine leichte Zunahme von Blutungskomplikationen beobachtet, die meist nicht transfusionspflichtig sind. Bei kardiochirurgischen Eingriffen wird das Risiko relevanter Blutungen um den Faktor 1,4 erhöht. Für nicht kardiochirurgische Operationen wurde ein 1,5-fach erhöhtes Blutungsrisiko bei Patienten unter niedrigdosierter Acetylsalicylsäure-Einnahme nachgewiesen, wobei schwere Blutungskomplikationen nur bei Operationen in sensiblem Gebiet (Operationen am ZNS, Prostataresektionen und Tonsillektomien) beschrieben wurden.

Während die Gabe von niedrig dosierter Acetylsalicylsäure alleine vermutlich nicht zu vermehrten Blutungen führt, wurden bei gleichzeitiger Gabe eines Heparins – sowohl bei chirurgischen als auch bei internistischen Patienten – vermehrt Komplikationen beobachtet (S. 384).

Merke

M!

Anhand der vorliegenden Daten kann davon ausgegangen werden, dass niedrig dosierte Acetylsalicylsäure (≤ 100 mg/d) ohne (!) begleitende Thromboembolie-Prophylaxe mit Antikoagulanzen nicht zu einem erhöhten Risiko eines spinalen epiduralen Hämatoms nach rückenmarksnahen Regionalanästhesien führt. Eine rückenmarksnaher Punktionsunter (alleiniger) niedrigdosierter ASS-Dauereinnahme (≤ 100 mg/d) gilt als „unbedenklich“ (► Tab. 16.5) [587]. Es darf aber keinerlei sonstige, zusätzliche Beeinträchtigung der Hämostase vorliegen. Wird zusätzlich zu einer niedrig dosierten Acetylsalicylsäure-Therapie ein weiteres antithrombotisches Medikament (unfraktioniertes/fraktioniertes Heparin oder Fondaparinux in prophylaktischer Dosierung) verabreicht, so sollten diese (bereits bei normaler Nierenfunktion) 4–5 HWZ vor Punktions-/Katheterentfernung pausiert werden [587] (vgl. Legende ► Tab. 16.5).

Acetylsalicylsäure und das Risiko kardiovaskulärer Ereignisse

Bei Patienten mit arteriosklerotischen Erkrankungen wie koronare Herzkrankheit, Schlaganfall oder periphere arterielle Verschlusskrankheit, ist Acetylsalicylsäure das Medikament der Wahl zur Primär- und Sekundärprävention kardiovaskulärer Ereignisse. Acetylsalicylsäure reduziert das Risiko kardiovaskulärer Ereignisse um 30% und die Mortalitätsraten um 15%. Insbesondere bei Patienten mit Z. n. Stent-Implantationen (Koronar-Stent, Carotis-Stent) oder instabilem Koronarsyndrom, ist das perioperative Absetzen von ASS mit erhöhter Morbiditäts- und Letalitätsrate aufgrund akuter thrombotischer Ereignisse assoziiert. In den meisten Fällen ist das perioperative Absetzen von Acetylsalicylsäure unnötig (s. u.). Die postoperative Schmerztherapie mit Cyclooxygenaseinhibitoren, wie Ibuprofen, kann die Effektivität von Acetylsalicylsäure durch Verdrängung am COX-1-Rezeptor beeinträchtigen und sollte deshalb bei Patienten, die eine ASS-Behandlung benötigen, unterbleiben.

Merke

M!

Wenn die Acetylsalicylsäure-Gabe (die zur Sekundärprophylaxe kardiovaskulärer Ereignisse eingenommen wird) vor einem operativen Eingriff kurzfristig pausiert werden soll, dann sind die Morbidität und Letalität – insbesondere bei Patienten mit kürzlich implantiertem Koronarstent oder Carotisstent bzw. instabilem Koronarsyndrom – deutlich erhöht.

Dies wird zum einen mit einer erhöhten Hämostaseaktivität bei Patienten mit einer kardiovaskulären Erkrankung erklärt, zum anderen wird ein Rebound-Phänomen diskutiert. Ein Absetzen (S. 829) der Thrombozytenaggregationshemmer sollte stets nur nach Rücksprache mit dem Kardiologen erfolgen.

Das präoperative Absetzen von Acetylsalicylsäure ist bei vielen Operationen unnötig und für den Patienten mit einem erhöhten Risiko verbunden.

Merke**M!**

Die Europäische Gesellschaft für Kardiologie empfiehlt die grundsätzliche Fortführung einer Acetylsalicylsäure-Einnahme zur Sekundärprophylaxe eines Myokardinfakts. Lediglich bei intrakraniellen Operationen, bei Operationen an der Prostata und bei Tonsillektomien erscheint aufgrund der erhöhten Morbidität von Blutungen ein präoperatives Absetzen gerechtfertigt ([587]; [602]).

Bei der individuellen Nutzen-Risiko-Abwägung, ob ein Thrombozytenaggregationshemmer zur Durchführung eines rückenmarksnahen Verfahrens pausiert werden kann, muss – falls der Patient einen Koronarstent oder Karotisstent hat – das Risiko einer dann möglichen In-Stent-Thrombose berücksichtigt werden. Patienten mit einem akuten Koronarsyndrom oder einer Stent-Implantation (S.829) sollen die Einnahme von Acetylsalicylsäure lebenslanglich beibehalten. Insbesondere bei Patienten mit einem medikamentenbeschichteten Stent (falls dieser – abhängig vom Stenttyp – weniger als 3–12 Monate (S.829) implantiert ist) sollte Acetylsalicylsäure nur im Notfall – d. h., bei lebensgefährlichem Blutungsrisiko – abgesetzt werden. Nach Implantation eines unbeschichteten Metallstents (BMS) soll ASS insbesondere in den ersten 4 Wochen nur im Notfall – d. h., bei lebensbedrohlichem Blutungsrisiko – abgesetzt (S.829) werden. Thrombozytenaggregationshemmer sollten möglichst nur nach Rücksprache mit dem Kardiologen abgesetzt (S.829) werden.

Merke**M!**

Die Entscheidung für oder gegen eine rückenmarksnahen Regionalanästhesie unter der Einnahme von Acetylsalicylsäure erfordert eine sorgfältige Nutzen-Risiko-Analyse (vgl. auch Anmerkungen des Autors in ► Tab. 16.5!) und soll stets individuell gefällt werden.

Während die alleinige niedrigdosierte Gabe von Acetylsalicylsäure vermutlich nicht zu vermehrten spinalen epiduralen Hämatomen führt, wurde bei gleichzeitiger Gabe eines Heparins sowohl bei chirurgischen als auch bei internistischen Patienten ein erhöhtes Komplikationsrisiko bei neuroaxialen Prozeduren nachgewiesen. Da die präoperative Thromboseprophylaxe verglichen mit der postoperativen Thromboseprophylaxe keinen Vorteil zu haben scheint, sollte insbesondere bei Patienten unter ASS-Dauermedikation die Thromboseprophylaxe erst postoperativ begonnen werden.

Merke**M!**

Falls unter Acetylsalicylsäure-Dauereinnahme operiert wird, wird für die medikamentöse Thromboembolie-Prophylaxe ein postoperativer Beginn nahegelegt [678]. Falls ein Patient unter ASS-Dauereinnahme (≤ 100 mg/d) eine rückenmarksnahen Regionalanästhesie erhalten soll, dann sollte die Thromboseprophylaxe laut DGAI-Empfehlung 2014 ebenfalls erst postoperativ begonnen werden [587].

NSAR

Nichtsteroidale Antirheumatika (NSAR) hemmen die Cyclooxygenase und damit die Thrombozytenaggregation. Dieser Effekt ist reversibel und hält entsprechend der Halbwertszeit der verwendeten Substanz an. Die Thrombozytenfunktion normalisiert sich innerhalb von 12–24 Stunden nach Absetzen der Substanz.

Merke**M!**

Um eine Interaktion zwischen den nichtsteroidalen Antirheumatika und der Thrombozytenfunktion unter der Punktion sicher auszuschließen, sollte die Dosis am Abend vor der geplanten Punktion oder Katheterentfernung ausgelassen werden.

Anhand der vorliegenden Daten kann davon ausgegangen werden, dass nichtsteroidale Antirheumatika ohne begleitende Thromboembolie-Prophylaxe mit Antikoagulanzen das Risiko eines spinalen periduralen Hämatoms nach rückenmarksnahen Regionalanästhesien vermutlich nicht erhöhen.

(Selektive COX-2-Hemmer: Für selektive COX-2-Hemmer (S.1579) [Etoricoxib, Celecoxib] liegen keine Hinweise für eine relevante Beeinflussung der Thrombozytenaggregationsfähigkeit oder eine erhöhte Blutungsneigung vor.)

(Paracetamol und Metamizol: Die Nichtopioid-Analgetika Paracetamol und Metamizol wurden bisher nicht mit spinalen epiduralen Hämatomen in Verbindung gebracht.)

Weitere Thrombozytenaggregationshemmer

Detailwissen

Thrombozytenaggregationshemmer

P2Y₁₂-Inhibitoren

Zu den P2Y₁₂-Inhibitoren gehören Clopidogrel, Ticlopedin, Prasugrel und Ticagrelor. Diese (oral zu verabreichenden) Substanzen führen zu einer Hemmung der ADP-vermittelten Thrombozytenaggregation durch Bindung an die thrombozytären P2Y₁₂-Rezeptoren. Zur Therapie von Blutungskomplikationen unter P2Y₁₂-Inhibitor-Gabe können Thrombozytenkonzentrate verabreicht werden. Die Thienopyridin-Derivate Clopidogrel (z. B. Plavix, Iscover), Ticlopidin (z. B. Tiklyd) und Prasugrel (Efient) sind irreversible P2Y₁₂-Inhibitoren.

Die Wirkung von **Clopidogrel** (S. 842) kann interindividuell stark variieren (z. B. Genmutation mit reduzierter Cytochrom-P-Aktivität, Wirkungsveränderung durch Interaktion mit anderen Medikamenten). Die Wirkung setzt relativ langsam ein. In den aktuellen Leitlinien der Europäischen Gesellschaft für Kardiologie wird Clopidogrel aufgrund seiner – verglichen mit neueren verfügbaren Medikamenten – geringeren Effektivität nur noch dann beim ACS empfohlen, wenn Kontraindikationen gegen die neueren, potenteren P2Y₁₂-Inhibitoren Prasugrel oder Ticagrelor vorliegen. Bei Einnahme von Clopidogrel sollten zwischen der letzten Einnahme und vor der rückenmarksnahen Punktion 7–10 Tage vergehen (► Tab. 16.5). Vor der Durchführung einer zentralen Nervenblockade unter Thienopyridin-Gabe ist zu warnen. Es sind bereits spinale peridurale Hämatome bei Punktion unter Thienopyridin-Gabe beschrieben. Infolge der langen Zeitspanne bis zur maximalen Thrombozytenaggregationshemmung darf die nächste Clopidogrel-Erhaltungsdosis (nicht jedoch eine Loading-Dose) sofort nach Katheterentfernung erfolgen.

Das neue Thienopyridin **Prasugrel** (Efient, vgl. auch Prasugrel (S. 842)) ist ein irreversibler P2Y₁₂-Inhibitor (s. o.). Prasugrel wird in Kombination mit ASS zur dualen Thrombozytenaggregationshemmung eingesetzt. Zur Aufsättigung werden 1 × 60 mg, als Erhaltungsdosis 1 × 10 mg/d verabreicht. Prasugrel wirkt schneller und effektiver als Clopidogrel. Bereits 2–4 h nach der Loading-Dose ist die Maximalwirkung erreicht. Eine duale Antikoagulation mit ASS plus Prasugrel ist bezüglich der Thrombozytenaggregationshemmung effektiver als ASS plus Clopidogrel. Allerdings ist bei verschiedenen Risikogruppen das Blutungsrisiko erhöht. Bezüglich der Sicherheitsintervalle im Rahmen der rückenmarksnahen Regionalanästhesien wird auf ► Tab. 16.5 verwiesen.

Ticlopidin (z. B. Tiklyd) wird aufgrund schwerwiegender hämatologischer Komplikationen (z. B. Agranulozytose, aplastische Anämie, Neutropenie) nur noch selten angewandt. Es wurde lange Zeit in Kombination mit Acetylsalicylsäure zur dualen Thrombozytenaggregationshemmung (für die Sekundärprophylaxe vaskulärer Ereignisse) eingesetzt. Für Ticlopidin gelten die gleichen Sicherheitsabstände wie für Clopidogrel (s. o., vgl. ► Tab. 16.5).

Der P2Y₁₂-Antagonist **Ticagrelor** (Brilique, vgl. auch Ticagrelor (S. 842)) gehört zu den Cyclopentyltriazolopyrimidenen. Es ist ein reversibler P2Y₁₂-Inhibitor. Zwei bis vier Stunden nach oraler Gabe einer Loading-Dosis tritt die maximale Thrombozytenaggregationshemmung auf. Die Dosierung von Ticagrelor beträgt 2 × 90 mg/d. Als initiale Loading-Dosis werden 1 × 180 mg empfohlen. Die Thrombozytenaggregationshemmung unter Ticagre-

lor (70–80 %) ist ähnlich wie bei Prasugrel (75–85 %) und deutlich höher als bei Clopidogrel (40–60 %). Das Blutungsrisiko ist nur bei Risikopatienten (Z. n. Schlaganfall) erhöht. Bezüglich der Sicherheitsintervalle im Rahmen der rückenmarksnahen Regionalanästhesien wird auf ► Tab. 16.5 verwiesen.

P2Y₁₂-Inhibitoren und das Risiko kardiovaskulärer Ereignisse bzw. perioperativer Blutungen

Patienten nach akutem Koronarsyndrom, perkutaner koronarer Intervention und Stent-Implantation profitieren (S. 829) von einer längerfristigen dualen Thrombozytenaggregation mit Acetylsalicylsäure und einem P2Y₁₂-Inhibitor. Wird eine duale Thrombozytenaggregation nach koronarer Intervention vorzeitig abgesetzt, erhöht sich das Risiko einer akuten Stent-Thrombose und eines Myokardinfarkts erheblich. Dies ist möglicherweise auch der Fall, wenn eine perioperative Überbrückung mit Heparinen durchgeführt und die Thrombozytenaggregationshemmer auch nur sehr kurzfristig abgesetzt werden.

Merke**M!**

Vor jeder Unterbrechung der dualen Thrombozytenaggregationshemmung sollte ein Kardiologe konsultiert werden.

Das Risiko perioperativer (transfusionspflichtiger) Blutungen ist unter Thienopyridin-Gabe erhöht. Nach herzchirurgischen Operationen ist das Risiko einer Reoperation ca. 5- bis 10-fach erhöht.

Glycoprotein-IIb/IIIa-Rezeptor-Inhibitoren

Auf den Thrombozytenoberflächen befinden sich sog. Glycoprotein-IIb/IIIa-Rezeptoren. Die Hemmung dieser Rezeptoren stellt die maximale Form der Thrombozytenaggregationshemmung dar. Die Aggregationshemmung ist reversibel. Glycoprotein-IIb/IIIa-Inhibitoren werden v. a. in der interventionellen Kardiologie eingesetzt. Bisher sind zur intravenösen Kurzzeitanwendung Tirofiban (z. B. Aggrastat), Eptifibatid (z. B. Integrilin) und Abciximab (ReoPro) zugelassen. Glycoprotein-IIb/IIIa-Inhibitoren werden bei Patienten mit akutem Koronarsyndrom in Kombination mit Antikoagulationen und Acetylsalicylsäure eingesetzt. Hierunter ist eine neuroaxiale Nervenblockade kontraindiziert.

Wird bei liegendem Periduralkatheter eine akute Koronarintervention notwendig, kann unter individueller Nutzen-Risiko-Abwägung der Katheter zuvor entfernt oder aber belassen werden.

Muss ein Katheter nach der Gabe von Glycoprotein-IIb/IIIa-Rezeptor-Antagonisten entfernt werden, so sollten nach Abciximab-Gabe wenigstens 48 Stunden, nach Tirofiban oder Eptifibatid 8–10 Stunden abgewartet werden. Vor jeder Katheterentfernung sollte hierunter eine Thrombozytopenie ausgeschlossen werden.

Phosphodiesterase-Inhibitoren

Dipyridamol ist ein Pyrimidopyrimidine-Derivat mit vasodilatatorischen und thrombozytenaggregationshemmenden Eigenschaften. Als z. B. Aggrenox (200 mg Dipyridamol plus 25 mg Acetylsalicylsäure) wird es zur Sekundärprävention des ischämischen Infarkts eingesetzt. In ► Tab. 16.5 wird Dipyridamol als Kontraindikation für eine rückenmarksnahen Regionalanästhesie angegeben.

An anderer Stelle der Leitlinie wird allerdings festgestellt, dass – falls nach sorgfältiger Nutzen-Risiko-Analyse die Indikation zur neuroaxialen Blockade gestellt wird – mindestens 7–10 Tage zwischen der letzten Gabe und Punktion/Katheterentfernung verstreichen sollten.

Cilostazol (z. B. Pletal) ist ein reversibler selektiver Phosphodiesterasehemmer. Es weist wie Dipyridamol (s. o.) vasodilatierende und thrombozytenaggregationshemmende Eigenschaften auf. Die Zulassung von Cilostazol (2×100 mg/d) ist beschränkt auf die Anwendung bei Patienten mit Claudicatio intermittens, bei denen eine Lebensstilumstellung (Rauchentwöhnung, gesunde Ernährung) nicht zu einer Symptomverbesserung geführt hat. Wird nach sorgfältiger Nutzen-Risiko-Analyse die Indikation zur neuroaxialen Blockade gestellt, so sollten laut ▶ Tab. 16.5 mindestens 42 h zwischen der letzten Gabe und Punktion/Katheterentfernung verstreichen, obschon der Hersteller elektive Operationen erst nach fünftägiger Pause von Cilostazol empfiehlt. Fünf Stunden nach Punktion/Katheterentfernung darf die nächste Dosis eingenommen werden.

Antiaggregatorische Prostaglandine

Prostacyclin (PGI₂, z. B. Epoprostenol) und Prostaglandin E₁ (Alprostadil, z. B. Prostavasin) gehören zu den stärksten endogenen Vasodilatoren und Thrombozytenfunktionshemmern. Iloprost (z. B. Ilomedin, Ventavis) ist ein synthetisches Prostacyclin-Analogon. Diese antiaggregatorischen Prostaglandine werden z. B. zur Therapie einer primären pulmonalen Hypertonie (z. B. Ventavis), zur Therapie der Thromboangiitis obliterans (Ilomedin) bzw. zur Therapie einer chronisch arteriellen Verschlusskrankheit (Stadium III oder IV) eingesetzt, wenn eine lumenerweiternde Therapie nicht möglich ist (Alprostadil, z. B. Prostavasin). Bei Gabe von antiaggregatorischen Prostaglandinen können insbesondere bei Patienten unter Kombinationstherapien mit anderen Antikoagulantien und Thrombozytenaggregationshemmern Blutungskomplikationen auftreten.

Wird bei der Einnahme von **Iloprost** nach sorgfältiger Nutzen-Risiko-Analyse die Indikation zur neuroaxialen Blockade gestellt, so sollten mindestens 2 h zwischen der Beendigung der Iloprostgabe und Punktion/Katheterentfernung verstreichen. Aufgrund

der hohen Rate an Thrombozytopenien sollte zuvor die Thrombozytenzahl obligat bestimmt werden. Nach der Punktion/Katheterentfernung kann mit der Infusion nach 8 h wieder begonnen werden.

Wird bei der Einnahme von **PGE₁** und **PGI₂** nach sorgfältiger Nutzen-Risiko-Analyse die Indikation zur neuroaxialen Blockade gestellt, so sollten mindestens 10 Minuten zwischen der Beendigung der Epoprostenol/PGE₁-Infusion und der Punktion/Katheterentfernung verstreichen. Aufgrund der hohen Rate an Thrombozytopenien sollte zuvor die Thrombozytenzahl obligat bestimmt werden. Nach der Punktion/Katheterentfernung kann mit der Infusion nach 8 h wieder begonnen werden.

Alternative Heilmittel

Bis zu 50 % aller Patienten nehmen präoperativ alternative Heilmittel (Phytotherapeutika) ein. Die beliebtesten Phytotherapeutika sind Echinacea (v. a. bei Erkältungskrankheit und zur Steigerung der Immunabwehr), Baldrian (zur Schlafverbesserung und zur Angstminderung), Ginkgo (v. a. bei kognitiver Dysfunktion, arterieller Verschlusskrankheit), Ginseng (v. a. gegen Erschöpfungszustände), Ephedrin (v. a. bei Erkältung, Hypotonie, zur Appetit-Zügelung), Johanniskraut (bei leichter depressiver Verstimmung) und Knoblauch (v. a. bei Hypertonie, Arteriosklerose) (Übersicht bei [714]).

Insbesondere Präparaten, die Ginkgo, Knoblauch oder Ginseng enthalten, wird angelastet, dass sie Thrombozytopenien, eine Thrombozytenaggregationshemmung oder eine Interaktion mit Vitamin-K-Antagonisten verursachen können (Übersicht bei [714]). Echinacea wird angelastet, dass es eine mögliche Hepatotoxizität aufweist (Übersicht bei [714]).

Warnungen vor einer rückenmarksnahen Punktion bei gleichzeitiger Einnahme von alternativen Heilmitteln oder Empfehlungen, diese Substanzen präoperativ abzusetzen, sind insbesondere bei Präparaten, die in Deutschland hergestellt wurden, zum jetzigen Zeitpunkt unbegründet ([604]; [587]). Zum Teil wird allerdings auch empfohlen, Phytotherapeutika 2 Wochen präoperativ abzusetzen (Übersicht bei [714]). Dies wird allerdings als weder realisierbar, noch als sinnvoll bezeichnet [670].

Thrombolytika und rückenmarksnahe Regionalanästhesie

Rückenmarksnahe Regionalanästhesien innerhalb der vergangenen 2 Wochen gelten als relative Kontraindikationen für eine Thrombolyse.

Da eine Thrombolyse z. B. bei schwerer Lungenembolie oder Myokardinfarkt in der Regel eine nicht aufschiebbare Notfallindikation darstellt, können Zeitintervalle bei bereits liegendem Periduralkatheter nicht eingehalten werden. Da spinale peridurale Hämatoome v. a. zum Zeitpunkt der Anlage oder des Entfernens eines Katheters auftreten, ist es sicherer, den Katheter auch unter einer Thrombolyse zu belassen.

Der Katheter sollte erst nach sicherem Abklingen der thrombolytischen Wirkung und nach Normalisierung der Gerinnung entfernt werden.

16.3.8 Hämatom nach rückenmarksnaher Regionalanästhesie

Aufklärung über peridurale Blutung

Vor einer rückenmarksnahen Regionalanästhesie (mit oder ohne Thromboembolie-Prophylaxe) muss über das außerordentlich geringe Risiko einer periduralen Blutung mit möglicherweise nachfolgenden neurologischen Schäden (im Extremfall Querschnittlähmung) aufgeklärt werden (zwar sehr seltene, aber typische Komplikation).

Diagnostik und Therapie eines Hämatoms

Nach Anwendung eines rückenmarksnahen Anästhesieverfahrens sollte nach den Empfehlungen der Deutschen Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin [587] der Patient zumindest so lange beobachtet werden, bis die Wirkung der Regionalanästhesie deutlich rückläufig ist (z. B. Abnahme der Analgesie-Ausdehnung um 2 Segmente) oder die motorische Funktionen zurückgekehrt sind. Es ist insbesondere auf persistierende sensible oder motorische Ausfälle, radikuläre Rückenschmerzen, Konus- und Kauda-Equina-Syndrom und Stuhl- und Harninkontinenz zu achten. Es ist in diesen Fällen an ein rückenmarksnahes Hämatom oder an einen Abszess zu denken (Maßnahmen s. u.).

Bei einem kontinuierlichen oder patientenkontrollierten periduralen Analgesieverfahren sind regelmäßig Visiten durch den Anästhesisten sowie eine erhöhte Aufmerksamkeit aller an der Betreuung des Patienten beteiligten Personen, inklusive des Patienten selbst, notwendig.

Postoperativ sollte über einen Periduralkatheter möglichst ein so niedrig konzentriertes Lokalanästhetikum verabreicht werden, dass zwar die Sensibilität blockiert, die motorische Funktion aber weitgehend erhalten ist (sog. Differenzialblock; Kap. 15.1.2). Die ausfallende motorische Funktion kann damit als Indiz für neurologische Komplikationen herangezogen werden.

Bei Verdacht auf ein rückenmarksnahes Hämatom ist die Magnetresonanztomographie die diagnostische Methode der Wahl, da hiermit Lokalisation und Ausdehnung der Blutung genau bestimmbar sind. Alternativ ist ggf. sofort eine Spiral-CT-Untersuchung nach intravenöser und intraduraler Kontrastmittegabe durchzuführen.

Die einzige Therapie bei deutlicher Myelonkompression besteht in der schnellstmöglichen entlastenden Laminektomie. Dabei sollten nicht mehr als 6–8 Stunden zwischen dem Auftreten von Symptomen und der operativen Entlastung vergehen [587]. Nur hierdurch kann (bei frühzeitigem Eingriff) die Prognose des Patienten verbessert werden. Bei einer Dekompression innerhalb von 8 Stunden kann in ca. 80% der Fälle mit einer weitgehenden Symptomrückbildung gerechnet werden, nach 24 Stunden sinkt die Erfolgsrate auf ca. 10% ab. Idealerweise sollten entsprechende Algorithmen in allen Kliniken, die neuroaxiale Blockaden durchführen, in Form von interdisziplinär gültigen Standard Operating Procedures (SOPs) vorliegen [587].

16.3.9 Hämatom nach peripherer Regionalanästhesie und Thromboembolie-Prophylaxe

Hämatome scheinen bei peripherer Regionalanästhesie ein seltenes Ereignis zu sein. Insbesondere aber scheint es nach der Entwicklung eines Hämatoms extrem selten zu schwerwiegenden Folgeschäden zu kommen. Von der Deutschen Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin [630] wurden zur Frage der Thromboembolie-Prophylaxe/antithrombotischen Medikation bei peripheren Regionalanästhesieverfahren folgende Feststellungen publiziert:

- Wenn möglich, sollten die gleichen Vorsichtsmaßnahmen für die Anlage peripherer Blockaden eingehalten werden, wie sie für die rückenmarksnahen Blockaden gelten (► Tab. 16.5).
- Können die für rückenmarksnahen Regionalanästhesien gegebenen Vorsichtsmaßnahmen nicht eingehalten werden, hat für jeden einzelnen Fall eine sorgfältige Nutzen-Risiko-Analyse zu erfolgen. Die Überlegungen zur Durchführung einer peripheren Blockade unter Einwirkung hämostasevermindernder Medikamente sollten mit dem Patienten erörtert und schriftlich fixiert werden.
- Im Fall einer Nervenblockade in Verbindung mit einer Thromboembolie-Prophylaxe oder antithrombotischen Medikation sollte diese von erfahrenen Kollegen oder unter der Aufsicht erfahrener Kollegen (unter Einsatz der Sonographie zur Vermeidung einer Gefäßpunktion) durchgeführt werden.
- Eine engmaschige Überwachung nach Anlage der Blockade im Hinblick auf sich anbahnende Nervenschädigungen, die durch ein Hämatom hervorgerufen werden, ist zu gewährleisten. Es hat eine dokumentierte Aufklärung über die Symptome einer sich infolge eines Hämatoms anbahnenden Nervenschädigung (motorische Schwäche, Gefühlsstörungen) stattzufinden mit der Aufforderung, sich beim Eintreten entsprechender Symptome sofort an entsprechender Stelle bemerkbar zu machen.
- Die Medikation mit ASS, NSAIDs oder niedermolekularem Heparin erlaubt – sofern keine weitere, die Hämostase beeinträchtigende Medikation erfolgt und keine klinischen Hinweise auf eine Hämostasestörung vorliegen – eine großzügigere Indikationsstellung als die Medikation mit z. B. Fondaparinux oder Clopidogrel.
- Bei Patienten unter hämostasehemmender Medikation ist die Indikation für oberflächliche Blockaden, die eine problemlose Kompression ermöglichen sowie für Blockaden, die extrem selten mit einer Gefäßpunktion einhergehen, großzügiger zu stellen als für tiefere Blockaden in Gebieten, die keine Kompression erlauben. Folgende Blockaden sind im Zusammenhang mit einer Thromboembolie-Prophylaxe oder der Einnahme eines Thrombozytenaggregationshemmers weitgehend problemlos durchzuführen:
 - axilläre Plexusanästhesie
 - interskalenäre Plexusblockade (nur Techniken, die keine Gefahr der Punktion der A. vertebralis beinhalten, z. B. Technik nach Meier)
 - N.-femoralis-Blockade
 - distale Ischiadikusblockade
 - alle Blockaden im Bereich von Ellenbogen- und Kniegelenk sowie distal dieser Gelenke

Diese Techniken ermöglichen eine problemlose Kompression bei versehentlicher Gefäßpunktion.

Folgende Verfahren sollten unter oben genannten Voraussetzungen nur bei entsprechender Erfahrung und nach besonders gründlicher Abwägung von Nutzen und Risiko durchgeführt werden:

- interskalenäre Plexusblockade, die das Risiko einer Punktion der A. vertebralis beinhalten (z. B. Technik nach Winnie)
- infraklavikuläre Blockaden
- proximale Ischiadikusblockade

16.3.10 Heparininduzierte Thrombozytopenie

Wird eine Low-Dose-Heparinisierung schon mehr als 5 Tage durchgeführt, dann muss in den letzten 24 Stunden vor einer zentralen Blockade die Thrombozytenzahl kontrolliert werden (► Tab. 16.5). Im Fall einer High-Dose-Heparinisierung mit unfraktioniertem Heparin ist zusätzlich die partielle Thromboplastinzeit (PTT) und bei einer High-Dose-Heparinisierung mit fraktioniertem Heparin ist zusätzlich die Anti-Faktor-Xa-Konzentration zu kontrollieren (► Tab. 16.5). Die Kontrolle der Thrombozytenzahl ist in diesen Fällen angezeigt, um eine heparininduzierte Thrombozytopenie (HIT) auszuschließen. Bei der leichten (nicht immunologisch vermittelten) Form der HIT (Typ I, in bis zu 25%) fallen die Thrombozyten innerhalb der ersten Therapietage um meist nur ca. 10–20% (selten auf unter 100 000/µl) ab und normalisieren sich unter weiterer Heparin-Gabe wieder. Die schwere (immunologisch vermittelte) Form (Typ II) kann v. a. zwischen dem 5. und 14. Tag, selten bis zu 21 Tage nach Beginn der Heparin-Therapie auftreten [678]. Sie ist gekennzeichnet durch einen Abfall der Thrombozytenzahl auf unter 50% des höchsten Ausgangswertes, durch oft auftretende venöse und/oder arterielle Thrombosen und evtl. Hautnekrosen oder entzündliche Reaktionen an den Heparineinstichstellen [678]. Sehr niedrige Thrombozytenzahlen (< 20 000/µl) sind nicht typisch für eine HIT II und in der Regel durch andere Ursachen bedingt [678]. Die Inzidenz einer HIT Typ II wird für große orthopädische und unfallchirurgische Operationen unter unfraktioniertem Heparin mit bis zu 3% angegeben [678]. **Ursache** der HIT Typ II ist eine Komplexbildung aus dem zugeführten Heparin und dem Plättchenfaktor 4 (PF4). Gegen diese Komplexe (die ein Neoantigen darstellen) werden Antikörper (überwiegend IgG) gebildet. Immunkomplexe aus Antikörpern, Heparin und PF4 führen zur Freisetzung prokoagulatorischer Substanzen und dadurch letztlich zu einer vermehrten Thrombozytenaggregation. Es treten dadurch häufig (20–50%) rezidivierende schwerwiegende arterielle und venöse Thromboembolien auf (sog. White-Clot-Syndrom), wodurch es z. B. zu Schlaganfall, Myokardinfarkt, Lungenembolie oder Mesenterialinfarkt kommen kann. Es wurde auch eine komplette Thrombosierung von Aorta und Aa. iliaca beschrieben [660]. Die HIT Typ II weist eine hohe Letalität auf.

Die Inzidenz der Ausbildung heparinabhängiger Antikörper und damit die Gefahr einer HIT II ist unter **niedermolekularem Heparin** wesentlich (ca. 90%) geringer als unter unfraktioniertem Heparin. Aufgrund einer hohen Kreuzallergie (ca. 90%) sollten niedermolekulare Heparine bei einer HIT II jedoch nicht anstelle von unfraktioniertem Heparin weiter gegeben werden.

Merke

M!

Bei einer HIT Typ I ist keine **Therapie** notwendig, Heparin kann weiter gegeben werden. Bei Verdacht auf eine HIT Typ II muss Heparin dagegen sofort abgesetzt und es muss auf ein alternatives, nicht HIT-II auslösendes Antikoagulans gewechselt werden [678]. Es muss auf Argatroban (z. B. Argatra) oder auf Danaparoid (Orgaran) umgestellt werden (Übersicht bei [560]). Fondaparinux ist zwar zur Prophylaxe bei Patienten mit HIT II formal nicht zugelassen, mittlerweile wird es jedoch hierfür als Off-Label-Anwendung empfohlen (s. u.; [549]). In der Akutphase soll auf die Gabe von Thrombozytenkonzentraten verzichtet werden [678].

Bei Patienten mit einer HIT II ist inzwischen **Argatroban** (z. B. Argatra) das weltweit am häufigsten eingesetzte Präparat. Die initiale Dosierung wird mit 1–2 µg/kgKG/min angegeben. Öfter reicht eine Dosierung < 1,0 µg/kgKG/min aus. Die Dosierung kann anhand der PTT-Verlängerung (erstmalige Kontrolle 2 Stunden nach Infusionsbeginn) gut gesteuert werden (wobei ein PTT-Wert des 1,5- bis 3-fachen Normalwerts angestrebt wird). Bei einer Niereninsuffizienz ist keine Dosisreduktion notwendig. Bei mäßig eingeschränkter Leberfunktion oder kritisch kranken Patienten sollten initial 0,5 µg/kgKG/min dosiert werden. Eine schwere Leberschädigung stellt eine Kontraindikation dar.

Bei **Danaparoid** (Orgaran) empfiehlt sich folgendes Vorgehen:

- (Thromboembolie-Prophylaxe bei Kontraindikationen gegen Heparin: Es wird eine Dosis von 2 × 750 IE/d Orgaran subkutan über maximal 14 Tage empfohlen)
- Prophylaxe thromboembolischer Komplikationen bei HIT-II-Patienten
 - HIT II vor > 3 Monaten vor der aktuellen stationären Aufnahme: Die Dosierung entspricht der Thromboembolie-Prophylaxe bei Kontraindikationen gegen Heparin; s. o.
 - HIT II vor ≤ 3 Monaten vor der aktuellen stationären Aufnahme: 2250–3750 Anti-Xa-Einheiten s. c. aufgeteilt in 3 Dosen (alle 8 h) über 7–10 Tage. Bei chirurgischen Patienten wird empfohlen, mit diesem Dosierungsschema schon vor der Operation zu beginnen und die letzte Dosis 1–4 Stunden vor der Operation zu geben. Bei > 90 kgKG oder mild oder moderat eingeschränkter Nierenfunktion sollte 3–5 Tage nach Therapiebeginn überprüft werden, ob die Anti-Xa-Aktivität im angestrebten Bereich liegt (im Steady-State ≤ 0,8 Anti-Xa-Einheiten/ml; bei akuter Blutung ≤ 0,4 Anti-Xa-Einheiten/ml).
 - Therapie thromboembolischer Komplikationen bei aktueller HIT II oder HIT II in der Anamnese: initial 2250 Anti-Xa-Einheiten (bei < 55 kgKG 1 500 IE, bei > 90 kgKG 3750 IE als Bolus intravenös, danach für 4 Stunden als Erhaltungsdosis 400 IE/h, dann für weitere 4 Stunden 300 IE/h und dann 150–200 IE/h über 5–7 Tage).

Die Überwachung der therapeutischen Danaparoid-Dosierung erfolgt mit der Bestimmung der Anti-Faktor-Xa-Einheiten (Zielwert bei HIT-Patienten mit thromboembolischen Komplikationen: 0,5–0,8 Anti-Faktor-Xa-Einheiten während der Erhaltungsinfusion). Anschließend kann der Patient auf orale Antikoagulantien oder auf Orgaran subkutan umgestellt werden.

Inzwischen wird auch **Fondaparinux** (z. B. Arixtra) von der ACCP (American College of Chest Physicians) zur Thromboembolie-Prophylaxe bei Patienten mit einer positiven HIT-II-Anamnese als Off-Label-Anwendung empfohlen [549].

16.3.11 (Analgo-)Sedierung bei Lokal- oder Regionalanästhesieverfahren

Wird vom Anästhesisten eine Lokal- oder Regionalanästhesie angelegt, dann wird während der Operation – zur Erhöhung des Patientenkomforts – oft noch eine zusätzliche Sedierung durchgeführt (z. B. bei Plexusanästhesie, intravenöser Regionalanästhesie oder Fußblock). Falls der Patient trotz Lokal- oder Regionalanästhesie während der Operation noch geringe bis mäßige Schmerzen hat, kann zusätzlich ein intravenös applizierbares Analgetikum verabreicht werden, d. h., eine Analgosedierung durchgeführt werden. Auch bei einer Operation in Lokalanästhesie am Auge („Tropfanästhesie“) oder in Regionalanästhesie am Auge (z. B. Peri- oder Retrobulbärblockade (S.1350)) wird öfter eine zusätzliche Analgosedierung gewünscht.

In Kap. 7.5 wird das anästhesiologische Vorgehen bei einer (Analgo-)Sedierung ausführlich diskutiert. Es werden dort u. a. Ziele einer (Analgo-)Sedierung, Sedierungsgrade, Voraussetzungen zur Durchführung einer (Analgo-)Sedierung, notwendige Überwachungsmaßnahmen, geeignete Medikamente, Überwachungsmaßnahmen nach einer (Analgo-)Sedierung und Besonderheiten einer (Analgo-)Sedierung bei ambulant operierten Patienten ausführlich beschrieben. Die in Kap. 7.5.5 angegebenen Medikamentendosierungen beziehen sich allerdings auf diagnostische oder therapeutische Maßnahmen in alleiniger (Analgo-)Sedierung. Wird eine (Analgo-)Sedierung im Rahmen eines Regionalanästhesieverfahrens durchgeführt, dann können u. U. deutlich niedrigere Dosierungen ausreichen. Es ist daher eine stets streng bedarfsadaptierte Dosistitration wichtig.

Soll während einer Operation in Lokal- oder Regionalanästhesie lediglich eine Sedierung durchgeführt werden, dann bietet sich v. a. die kontinuierliche Gabe von Propofol (bei Erwachsenen ca. 0,5–3 mg/kgKG/h, häufig ca. 2 mg/kgKG/h per Spritzenpumpe) an, nachdem eine initiale „loading dose“ (wiederholte Boli à 10–20 mg beim Erwachsenen bis zur erwünschten Sedierungstiefe; insgesamt ca. 0,5–1 g/kgKG) verabreicht wurde. Falls das länger wirkende Midazolam verwendet werden soll, empfiehlt sich eine vorsichtige, bedarfsadaptierte Dosistitration (z. B. Boli von 0,5–1 mg beim Erwachsenen). Für eine Analgosedierung (z. B. Augenoperation in oft nicht ganz ausreichender „Tropfanästhesie“ (S.1350)) oder eine intravenöse Regionalanästhesie mit leichten Tourniquet-Schmerzen (S.472) im Bereich der notwendigen Doppelmanschette bevorzugt der Autor bei erwachsenen Patienten die fraktionierte, streng bedarfsadaptierte Fentanyl-Titration (Boli à 25 µg), ggf. in Kombination mit Propofol-Boli (à 10 mg). Während einer Sedierung oder Analgosedierung sollte der Patient noch ansprechbar bleiben („conscious sedation“) oder zumindest leicht erweckbar bleiben.

Unter zu großzügiger Sedierung während eines Regionalanästhesieverfahrens sind schon häufiger Hypoventilationen und Apnoen beschrieben worden. Daher ist eine kontinuierliche Ventilationsüberwachung (klinisch, Atemfrequenzmonitoring, S_aO₂-Messung, Kapnometrie im Seitenstromverfahren) indiziert (Kap. 7.5.4). Zusätzlich sollte Sauerstoff über eine Nasenonde verabreicht werden. (Bezüglich einer [Analgo-]Sedierung im Rahmen einer rückenmarksnahen Regionalanästhesie (S.430) vgl. auch Kap. 16.3.15).

Ein höher dosiertes Sedativum (z. B. Midazolam), das die zerebrale Krampfschwelle deutlich anhebt, scheint auf den ersten Blick im Rahmen von Regionalanästhesieverfahren, bei denen eine hohe Dosis eines Lokalanästhetikums verabreicht wird, sinnvoll zu sein und vor eventuellen ZNS-toxischen Nebenwirkungen zu schützen. Da ZNS-toxische Nebenwirkungen normalerweise deutlich früher als die gefährlicheren kardiotoxischen Nebenwirkungen auftreten, können ZNS-Symptome einen frühen und wichtigen Hinweis auf evtl. noch drohende kardiiale Probleme geben. Ist die zerebrale Krampfschwelle durch entsprechende Sedativa (v. a. Benzodiazepine) deutlich erhöht, dann können schon kurz nach den zerebralen Symptomen kardiotoxische Probleme auftreten oder es können primär kardiotoxische Nebenwirkungen auftreten. Eine deutliche Anhebung der zerebralen Krampfschwelle hat somit auch Nachteile.

16.3.12 Vorgehen bei inkompletter Plexusanästhesie

Falls eine Plexusanästhesie nur inkomplett wirkt, sollte nicht im Bereich der ersten Blockade erneut punktiert und dort nachinjiziert werden. Bei diesem Vorgehen besteht die Gefahr, dass hierbei evtl. bereits blockierte Anteile des Plexus unbemerkt verletzt werden, da das Warnsignal „Schmerz“ nicht mehr ausgelöst werden kann (S.361). Bereits blockierte Nerven sind im Bereich der ersten Blockade auch mittels Nervenstimulation nicht mehr erfassbar und damit verletzungsgefährdet.

Zur Komplettierung einer unvollständigen Anästhesie des Armplexus (Plexus brachialis; Kap. 16.3.13) kann z. B. eine isolierte Blockade des N. radialis, N. medianus oder N. ulnaris im Bereich des Ellenbogengelenks (Kap. 16.3.14) vorgenommen werden. Da bei diesen Verfahren selektiv derjenige Nerv nachblockiert wird, der noch nicht erfasst wurde, ist eine unbemerkte Nervenverletzung nicht zu befürchten. Die Warnfunktion „Schmerz“ ist in diesem nicht blockierten Einzelnerve noch intakt. Motorische Nerven können – falls sie bei einem ersten Blockadeversuch nicht komplett (oder auch falls sie komplett) blockiert wurden – distal (!) des ersten Blockadeversuchs mit einem Nervenstimulator erneut sicher aufgesucht (Kap. 15.2.2) und blockiert werden. Zumeist wird bei einer inkompletten Blockade jedoch eine Infiltrationsanästhesie im Operationsbereich durch den Operateur vorgenommen.

Weitere Möglichkeiten zur Komplettierung einer Regionalanästhesie sind:

- Analgosedierung (Kap. 7.5; Kap. 16.3.11), v. a. mittels
 - Opioid-Gabe (z. B. fraktioniert 0,025 mg Fentanyl bis zur Gesamtdosis von 0,05–0,1–0,15 mg)
 - Ketamin-Gabe (in Kombination mit einem Benzodiazepin)
- Allgemeinanästhesie

Merke

M!

Bei einem inkompletten Regionalanästhesieblock sollte nicht versucht werden, den Patienten medikamentös nur zu sedieren. Dies führt meist zur Unruhe des schmerzgeplagten Patienten.

16.3.13 Plexusblockaden an den oberen Extremitäten

Grundlagen

Detailwissen

Plexusblockaden an den oberen Extremitäten

1911 wurde erstmals von Georg Hirschel die transkutane axilläre Blockade des Plexus brachialis beschrieben [608]. Wenige Monate später, ebenfalls 1911, beschrieb Dietrich Kulenkampff die supraklavikuläre Blockade des Plexus brachialis [627]. Während der axilläre Zugang vorerst wieder in Vergessenheit geriet, wurde die supraklavikuläre Blockade lange Zeit sehr populär. Inzwischen

wurde (v. a. aufgrund des relativ hohen Risikos eines Pneumothorax) von der supraklavikulären Blockade nach Kulenkampff abgeraten [664]. Insgesamt wurden mehr als 3 Dutzend verschiedener Methoden und Varianten der transkutanen Blockade des Plexus brachialis beschrieben. Lediglich einige Verfahren konnten sich etablieren. Die wichtigsten Plexusformen werden nachfolgend beschrieben.

Anatomie des Plexus brachialis

Jeder Arm wird über ein Nervengeflecht, den Plexus brachialis, innerviert. Der Plexus brachialis entstammt den Segmenten C5–C8 sowie Th 1 (zusätzlich können noch variable Anteile aus C4 und Th2 stammen). Die aus diesen Wurzeln ausgehenden

Fasern bilden 3 Trunci, aus denen weiter peripher 3 Faszikel hervorgehen. Aus den 3 Faszikeln gehen die wichtigsten Nerven des Armes hervor: der N. radialis, N. medianus, N. ulnaris und der N. musculocutaneus (► Abb. 16.6).

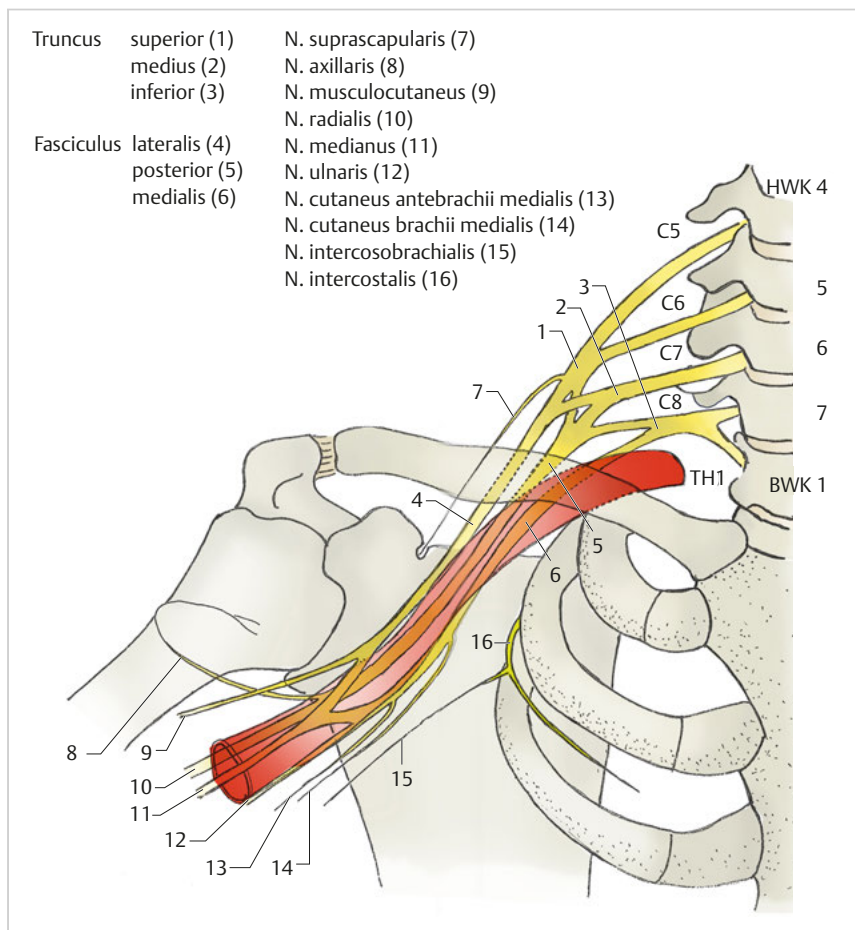


Abb. 16.6 Plexus brachialis. Anatomie des Plexus brachialis und Aufteilung der Wurzeln in Trunci, Faszikel und Nerven sowie deren Lage in Bezug auf Clavicula und Rippen.

Grundlagenwissen

Anatomie des Plexus brachialis

Die Wurzeln aus C5 und C6 bilden den Truncus superior, aus der Wurzel C7 bildet sich der Truncus medius, und aus den Wurzeln C8 und Th1 entsteht der Truncus inferior (► Abb. 16.6). Die Trunci bilden sich etwa in Höhe der Skalenusmuskeln und ziehen hinter dem M. scalenus anterior und vor dem M. scalenus medius (durch die sog. Skalenuslücke) hindurch. Kaudal und etwas weiter ventral der Trunci (unmittelbar hinter dem Ansatz des M. scalenus anterior an der 1. Rippe) zieht auch die A. subclavia durch die Skalenuslücke. Vor Durchtritt des Plexus durch die Skalenuslücke gesellen sich auch (postganglionäre) sympathische Fasern aus dem mittleren Zervikalganglion zum Plexus.

Knapp oberhalb der Clavicula teilen sich diese Trunci jeweils in einen ventralen und dorsalen Anteil. Die ventralen Anteile von Truncus superior und medius bilden den **Fasciculus lateralis**, der unterhalb der Clavicula, kurz vor der Axilla lateral der A. axillaris zu liegen kommt. Der vordere Anteil des Truncus inferior bildet den Fasciculus medialis, der unterhalb der Clavicula, kurz vor der Axilla medial der A. axillaris zu liegen kommt. Die dorsalen Anteile der 3 Trunci bilden den Fasciculus posterior, der unterhalb der Clavicula, kurz vor der Axilla dorsal (posterior) von der A. axillaris verläuft (► Abb. 16.6).

Im Bereich der Medioklavikularlinie ziehen die Faszikel noch nebeneinanderliegend (lateral der A. subclavia) durch die kaudale Skalenuslücke und über die erste Rippe in Richtung Axilla. In der Axilla kommen die Faszikel dann entsprechend ihrer Bezeichnungen lateral, medial und posterior der A. axillaris zu liegen. Noch in Höhe der Axilla teilen sich die Faszikel in folgende Nerven auf:

- N. medianus
- N. radialis
- N. ulnaris
- N. musculocutaneus

Der Fasciculus lateralis bildet den N. musculocutaneus und zusammen mit einem Teil des Fasciculus medialis den N. medianus. Der andere Teil des Fasciculus medialis bildet den N. ulnaris. Der Fasciculus posterior bildet den N. radialis.

Sonstige wichtige Nerven, die aus dem Plexus brachialis abgehen, sind:

- N. axillaris (er entspringt aus dem Fasciculus posterior)
- N. cutaneus brachii medialis und N. cutaneus antebrachii medialis (sie entspringen aus dem Fasciculus medialis)

Von den Querfortsätzen der Halswirbelsäule bis zum Oberarmbereich zieht ein sich nach distal verengender faszienartiger Schlauch. In ihm verlaufen die aus den Foramina intervertebralia kommenden Nerven des Plexus brachialis bis in die Axilla. Auf Höhe der ersten Rippe werden auch die unmittelbar vor dem M. scalenus anterior über die erste Rippe ziehende V. subclavia sowie die unmittelbar hinter dem M. scalenus anterior über die erste Rippe ziehende A. subclavia mit in diesen faszienartigen Schlauch aufgenommen. Dieser faszienartige Schlauch wird aufgrund der darin verlaufenden Strukturen als Gefäß-Nerven-Scheide bezeichnet. Diese Gefäß-Nerven-Scheide wird zwar durch Septen unterteilt, die Septen scheinen jedoch lückenhaft zu sein [659], sodass eine einzelne Injektion des Lokalanästhetikums in die Gefäß-Nerven-Scheide normalerweise dennoch zu einer zufriedenstellenden Verteilung und ausreichenden Blockade aller 3 wichtigen Armmerven führt.

Sensible Innervationsgebiete

In ► Abb. 16.7 sind die Innervationsgebiete der die Haut der oberen Extremitäten versorgenden Nerven dargestellt. Der N. radialis versorgt die Lateral- und Rückseite des Oberarms, die Rückseite des Unterarms sowie die radiale Hälfte des Handrückens. Der N. medianus versorgt die radialen 3½ Finger auf der Palmarseite sowie das dazu gehörende Nagelbett auf der Dorsalseite. Der N. ulnaris versorgt auf der Ulnarseite die 2½ dorsalen Finger und auf der Palmarseite die 1½ ulnaren Finger. Der N. musculocutaneus endet als N. cutaneus antebrachii lateralis und versorgt die radiale Unterarmseite.

Die Innervationsgebiete einzelner Nerven überlappen sich z.T. deutlich. Ein Hautareal, das lediglich von einem Nerv innerviert wird, wird als Area propria bezeichnet.

Merke**M!**

Um auszutesten, ob ein bestimmter Nerv sicher blockiert ist, muss dessen Area propria auf Blockadeerfolg überprüft werden (N. ulnaris: Kleinfinger; N. medianus: Palmarseite des 2. und 3. Fingers; N. radialis: Daumengrundgelenk; N. musculocutaneus: radiale Unterarmseite).

Motorische Innervation

Der N. radialis (C5–C8) versorgt den M. triceps brachii und die Extensoren. Seine elektrische Stimulation führt zur Streckung von Ellenbogengelenk, Handgelenk und Fingern. Es kommt zur Supinationsbewegung und Radialabduktion im Handgelenk (► Abb. 16.8b).

Der N. medianus (C6–Th1) versorgt die Unterarmflexoren, die Pronatoren des Unterarms sowie den M. opponens pollicis. Die elektrische Stimulation des N. medianus führt zur Beugung (Palmarflexion) im Handgelenk, zur Beugung der Finger 1–3 in den End- und Mittelgliedern, zur Pronation der Hand und zur Daumenopposition (► Abb. 16.8c).

Der N. ulnaris (C8–Th1) vermittelt motorisch die Beugung des 3., 4. und 5. Fingers, die Beugung und Ulnarflexion des Handgelenks und die Daumenadduktion (► Abb. 16.8d).

Der N. musculocutaneus (C5–C6) versorgt die Mm. biceps brachii, coracobrachialis und brachialis. Eine elektrische Stimulation des N. musculocutaneus führt zur Beugung im Ellenbogengelenk und zur Supination der Hand (► Abb. 16.8e).

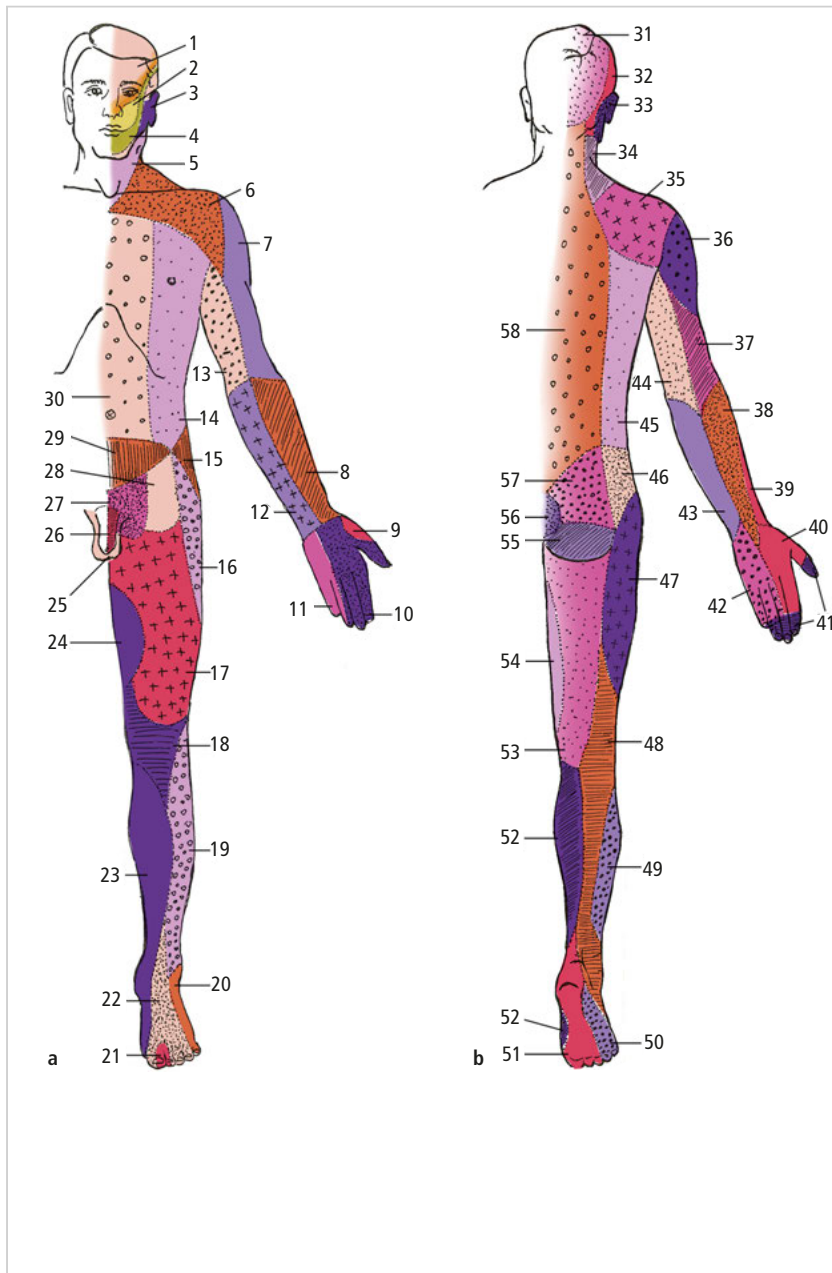


Abb. 16.7 Innervationsgebiete der wichtigsten Nerven.

a Frontalansicht.

1 = N. trigeminus (V1), 2 = N. trigeminus (V2), 3 = N. auricularis magnus, 4 = N. trigeminus (V3), 5 = N. transversus colli, 6 = N. suprascapularis, 7 = N. cutaneus brachii lateralis (aus N. axillaris), 8 = N. cutaneus antebrachii lateralis (Endast des N. musculocutaneus), 9 = N. radialis, 10 = N. medianus, 11 = N. ulnaris, 12 = N. cutaneus antebrachii medialis, 13 = N. cutaneus brachii medialis, 14 = Rr. cutanei laterales der Nn. intercostales, 15 = R. cutaneus lateralis des N. iliohypogastricus, 16 = N. cutaneus femoris lateralis, 17 = N. femoralis, 18 = N. saphenus (R. infrapatellaris, vgl. 23), 19 = N. cutaneus suralis lateralis, 20 = N. suralis, 21 = N. fibularis (peroneus) profundus, 22 = N. fibularis (peroneus) superficialis, 23 = N. saphenus (vgl. 18), 24 = N. obturatorius, 25 = N. genitofemoralis (vgl. 28), 26 = N. dorsalis penis, 27 = N. ilioinguinalis, 28 = R. femoralis des N. genitofemoralis (vgl. 25), 29 = R. cutaneus anterior des N. iliohypogastricus, 30 = Rr. cutanei anteriores der Nn. intercostales

b Dorsalansicht.

31 = N. occipitalis major, 32 = N. occipitalis minor, 33 = N. auricularis magnus, 34 = N. transversus colli, 35 = N. suprascapularis, 36 = N. cutaneus brachii lateralis (aus N. axillaris), 37 = N. cutaneus brachii dorsalis (aus N. radialis), 38 = N. cutaneus antebrachii dorsalis (aus N. radialis), 39 = N. cutaneus antebrachii lateralis (Endast des N. musculocutaneus), 40 = N. radialis, 41 = N. medianus, 42 = N. ulnaris, 43 = N. cutaneus antebrachii medialis, 44 = N. cutaneus brachii medialis, 45 = Rr. cutanei der Nn. intercostales, 46 = R. cutaneus lateralis des N. iliohypogastricus, 47 = N. cutaneus femoris lateralis, 48 = N. suralis, 49 = N. cutaneus suralis lateralis, 50 = N. plantaris lateralis (fibularis), 51 = N. plantaris medialis (tibialis), 52 = N. saphenus, 53 = N. cutaneus femoris posterior, 54 = N. obturatorius, 55 = Nn. clunium inferiores, 56 = Nn. clunium medii, 57 = Nn. clunium superiores, 58 = Rr. cutanei dorsales

Überprüfung des motorischen Blockadeerfolgs

Der motorische Blockadeerfolg der einzelnen Nerven der oberen Extremität kann folgendermaßen überprüft werden:

- Blockade des N. radialis: Streckung von Ellenbogen- und Handgelenk sowie der Finger ist nicht mehr möglich („Fallhand“)
- Blockade des N. medianus: Handbeugung, Pronation und Beugung des Daumens sowie Beugung der Finger 1–3 sind (beim Faustschluss) nicht mehr möglich („Schwurhand“)
- Blockade des N. ulnaris: Spreizung der Finger und Beugung des 3., 4. und 5. Fingers im Grundgelenk sind nicht mehr möglich
- Blockade des N. musculocutaneus: Beugung des Ellenbogengelenks und Supinationsstellung sind nicht mehr möglich

Material für die Blockade des Plexus brachialis

- elektrische Haarschneidemaschine zur evtl. Rasur der vorausgerichteten Punktionsstelle
- Desinfektionsspray und sterile Kompressen
- sterile Handschuhe, Mütze, Mundschutz; zumindest bei Kathetertechnik auch steriler Kittel
- steriles Lochtuch
- sterile 2-ml-Spritze, 27-Gauge-Stahlkanüle
- Lokalanästhetikum (z. B. Lidocain 1 %) für die lokale Betäubung der Punktionsstelle
- spezielle Punktionskanüle zum Anschluss eines Nervenstimulators (S. 361)
- 30–50 ml Lokalanästhetikum (zumeist Prilocain 1 %) für die landmarkenorientierte Plexusblockade sowie 3–5 sterile 10-

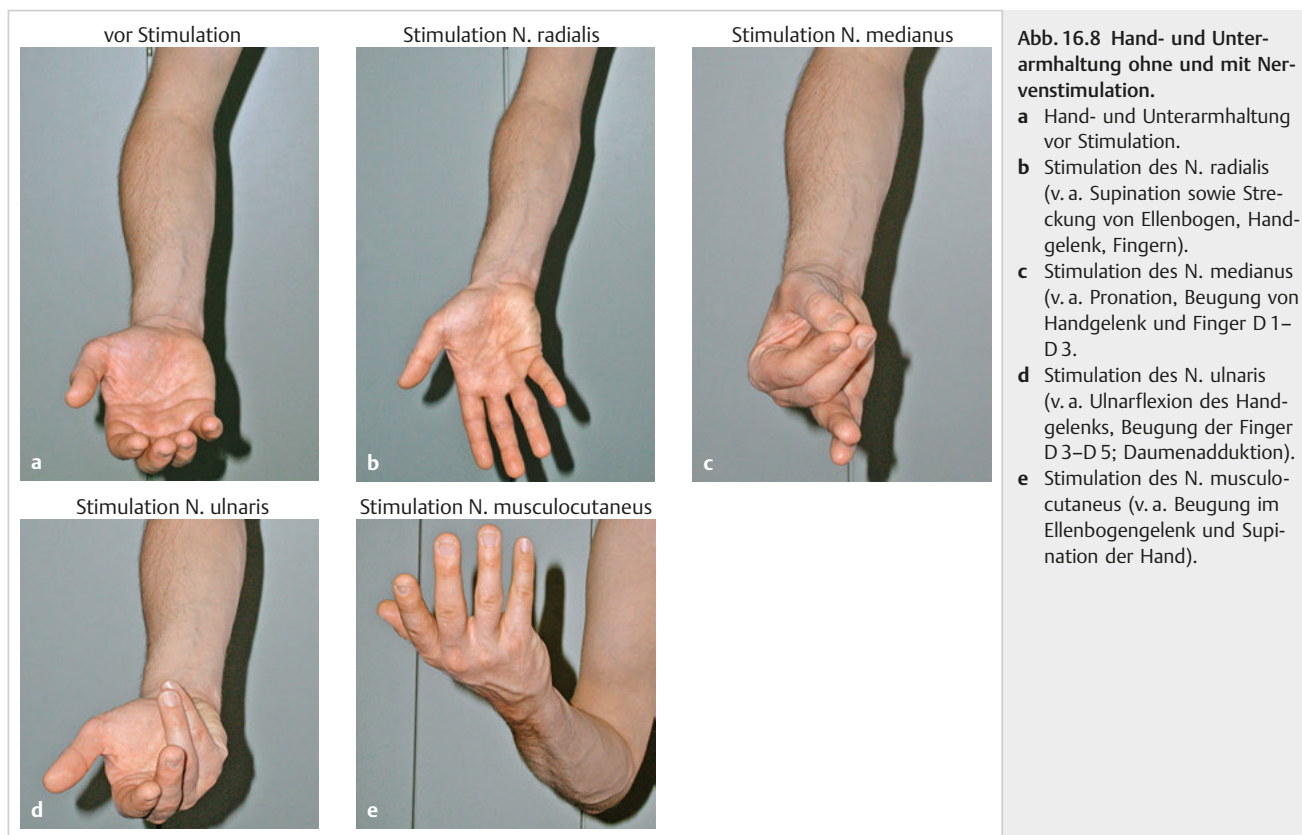


Abb. 16.8 Hand- und Unterarmhaltung ohne und mit Nervenstimulation.

- a** Hand- und Unterarmhaltung vor Stimulation.
- b** Stimulation des N. radialis (v. a. Supination sowie Streckung von Ellenbogen, Handgelenk, Fingern).
- c** Stimulation des N. medianus (v. a. Pronation, Beugung von Handgelenk und Finger D1–D3).
- d** Stimulation des N. ulnaris (v. a. Ulnarflexion des Handgelenks, Beugung der Finger D3–D5; Daumenadduktion).
- e** Stimulation des N. musculocutaneus (v. a. Beugung im Ellenbogengelenk und Supination der Hand).

ml-Spritzen. Etwa 15–30 ml Lokalanästhetikum für ultraschallkontrollierte Blockade [583].

- evtl. Nervenstimulator
- Ultraschallgerät
- steriles Verbandsmaterial für die Punktionsstelle

Axilläre Blockade des Plexus brachialis

Merke

M!

Die axilläre Blockade ist die einfachste, risikoärmste und daher am häufigsten durchgeführte Blockadeform des Plexus brachialis. Sie erlaubt jedoch lediglich Eingriffe (am distalen Drittel des Oberarms sowie) an Ellenbogengelenk, Unterarm und Hand (z. B. für die Reposition einer Radiusfraktur oder Metallentfernung). Es empfiehlt sich dringend die Verwendung eines Nervenstimulators. Zusätzlich kann ein Ultraschallgerät verwendet werden.

Vorgehen

Die axilläre Blockade [572] wird in den folgenden Schritten durchgeführt:

- Lagerung des Patienten
- Desinfektion der Punktionsstelle (Kap. 16.3.3)
- Aufsuchen des Plexus (landmarkenorientierte, nervenstimulationsgestützte, ultraschallgestützte Punktion)
- Injektion des Lokalanästhetikums
- ggf. zusätzliche Blockade der Nn. cutaneus brachii medialis und N. intercostobrachialis
- Pflasterverband

Lagerung

Für die axilläre Blockade des Plexus brachialis wird der auf dem Rücken liegende Patient gebeten, den betreffenden Arm im Schultergelenk ca. 90–100° zu abduzieren und im Ellenbogengelenk ca. 90° zu beugen. Der Patient kann auch gebeten werden, die Hand unter den Kopf zu legen, wodurch eine ähnliche Lagerung erzielt wird. Eine zu starke Abduktion des Arms ist zu vermeiden, da die A. axillaris hierdurch komprimiert werden kann und dann schlechter zu palpieren ist. Bei Blockade des linken (und rechten) Arms sitzt der rechtshändige Anästhesist am besten kaudal des Arms und tastet von kaudal (bei Blockade des rechten Arms ziehen es manche Rechtshänder vor, kranial des Arms zu stehen und von kranial zu palpieren).

Aufsuchen des Plexus

Rein landmarkenorientierte Punktion

Detailwissen

Frühere Techniken

Früher wurde die rein landmarkenorientierte axilläre Blockade meist folgendermaßen durchgeführt: Mit einer normalen Stahlkanüle wurde (von kaudal kommend; siehe auch ► Abb. 16.9b) unmittelbar ventral der A. axillaris in verschiedene Richtungen punktiert, bis die Kanülenspitze den hinter der A. axillaris verlaufenden N. radialis berührte. War dies der Fall, gab der Patient ein elektrisierendes Gefühl, sog. **Parästhesien**, im Versorgungsbereich des N. radialis an. Die Kanüle wurde nun minimal zurückgezogen, und Lokalanästhetikum wurde injiziert. Nach weiterem Zurückziehen und Platzen der Kanülenspitze am vorderen oberen Rand der Arterie wurde der N. medianus ausgeschaltet. Nach evtl. erneuter Punktion

unterhalb der A. axillaris wurde auf die gleiche Weise ggf. auch der unten vor der A. axillaris verlaufende N. ulnaris aufgesucht und blockiert. Durch dieses Auslösen von Parästhesien kann es jedoch zu Nervenverletzungen mit bleibenden Nervenschäden kommen.

Ein anderes, früher häufiger praktiziertes Verfahren bestand darin, gezielt die **A. axillaris zu durchstechen** und ca. 50 % des Lokalanästhetikums hinter (Blockade N. radialis) und ca. 50 % des Lokalanästhetikums direkt vor die Arterie (Blockade Nn. medianus, ulnaris) zu injizieren.

Das absichtliche Auslösen von Parästhesien soll inzwischen unbedingt vermieden werden. Auch die transarterielle Technik soll nicht mehr durchgeführt werden.

Im Bereich der Axilla verlaufen die Nn. radialis, medianus und ulnaris unmittelbar neben der A. axillaris. Beim landmarkenorientierten Aufsuchen dieser Nerven dient daher der Verlauf der A. axillaris als Orientierungshilfe. In der Axilla (ungefähr dort, wo der laterale Rand des M. pectoralis major die A. axillaris kreuzt), wird die A. axillaris mit leicht gespreiztem Zeige- und Mittelfinger (von kaudal kommend) getastet (► Abb. 16.9c). In dieser Armposition liegt der N. radialis fast direkt hinter (kranial) der A. axillaris, der N. medianus liegt meist am oberen und vorderen (ventralen und kaudalen) Rand der A. axillaris und der N. ulnaris liegt meist am unteren und vorderen (dorsalen und kaudalen) Rand der Arterie (► Abb. 16.9a, ► Abb. 16.9b, ► Abb. 16.11b).

Die von kaudal in die Axilla eingeführten Finger tasten zuerst die A. axillaris und werden dann etwas nach ventral verschoben, sodass sie in der Mulde zwischen der A. axillaris und dem M. coracobrachialis (der am Unterrand des M. biceps verläuft ► Abb. 16.9b) zu liegen kommen (► Abb. 16.9c) und die Arterie gleichzeitig etwas nach dorsal gedrückt wird. Es sollte nun in einem flachen Winkel von ca. 30 Grad zur Haut in Richtung Axilla punktiert werden. Die Stichrichtung sollte ungefähr so sein, als ob eine retrograde Kanülierung der Arterie beabsichtigt wäre (► Abb. 16.9e). Ziel ist jedoch nicht, genau auf die Arterie zu zupunktieren, sondern es soll auf eine gedachte Linie zu punktiert werden, die etwas kranial und parallel zur Arterie verläuft (zur Blockade des N. radialis und N. medianus) oder die etwas kaudal und parallel zur Arterie verläuft (zur Blockade des N. ulnaris). Zur Blockade des hinter (!) der A. axillaris verlaufenden N. radialis sollte immer oberhalb (ventral) der A. axillaris punktiert werden, da direkt unterhalb (dorsal) der A. axillaris die V. axillaris verläuft (► Abb. 16.11b).

Inzwischen wird die Blockade des Plexus brachialis nicht mehr rein landmarkenorientiert, sondern zusätzlich entweder elektrostimmulationsgestützt (s.u.) oder/und ultraschallgestützt (S.406) durchgeführt.

Punktion unter zusätzlicher Nervenstimulation

Eine landmarkenorientierte Punktion soll inzwischen immer zumindest unter zusätzlicher elektrischer Nervenstimulation (► Abb. 16.9c – ► Abb. 16.9f) vorgenommen werden (Kap. 15.2.2).

Für die Single-Shot-Technik (= Einmalinjektion; = keine Kathetereinlage) stehen hierfür verschiedene Elektrostimulationskanülen zur Verfügung (z.B. Stimuplex A; Fa. B. Braun; ► Abb. 15.3; ► Abb. 16.9e, ► Abb. 16.9f). Da Plexuskanülen eine relativ stumpfe

Kanülenspitze aufweisen, kann meist ein „Klick“ beim Durchstechen der Gefäß-Nerven-Scheide gefühlt werden.

Elektrostimulationskanülen für die Single-Shot-Technik besitzen einen Zuspritzschlauch, damit bei der Injektion keine Verlagerung der Punktionskanüle befürchtet werden muss (► Abb. 16.9f).

Vor der Punktion mit einer stumpf angeschliffenen Kanüle sollte – z.B. mit einer Lanzette – eine Vorpunktion der Haut durchgeführt werden. Bei Anwendung von Kurzschliffkanülen müssen evtl. deutliche Widerstände beim Durchdringen von Faszienstrukturen überwunden werden. Eine dann evtl. auftretende plötzliche Perforation einer Faszie kann dazu führen, dass die Kanülenspitze unkontrolliert in darunterliegende Strukturen vordringt. Es ist daher stets eine gefühlvolle Punktion mit Abstützung der punktierenden Hand notwendig (► Abb. 16.9e, ► Abb. 16.9f). Außerdem soll auch deshalb die Gefäß-Nerven-Scheide nicht fast senkrecht, sondern in einem flachen Winkel (ca. 30° zur Haut) durchstoßen werden (► Abb. 16.9e).

Normalerweise verläuft der Plexus sehr oberflächlich und es wird oft eine zu tiefe Punktion vorgenommen.

Der Verzicht auf eine zusätzliche ultraschallkontrollierte Punktion verstößt nicht gegen die Regeln der Good Clinical Practice (S.363). Die Kanülenspitze muss innerhalb der Gefäß-Nerven-Scheide platziert sein. Falls bei einer Stimulationsamplitude von ca. 0,3–0,5 mA (bei einer Impulsbreite von 0,1 ms) Muskelkontraktionen auslösbar waren, wurde bisher meist von einer optimalen Kanülenposition ausgegangen. Inzwischen wird offiziell empfohlen, eine Stimulationsamplitude von 0,5–1,0 mA (nicht < 0,5 mA) anzustreben (S.363). Bei höheren Stimulationsamplituden können Muskelkontraktionen auch dann ausgelöst werden, wenn die Kanülenspitze noch außerhalb der Gefäß-Nerven-Scheide liegt. Reizantworten des N. musculocutaneus (Beugung im Ellenbogengelenk (S.402)) sind beweisend für eine nicht (!) korrekte Lage der Kanülenspitze (außerhalb der Gefäß-Nerven-Scheide), da dieser Nerv meist schon proximal der üblichen Punktionsstelle die Gefäß-Nerven-Scheide verlässt.

Merke

M!

Bei der axillären Plexusblockade sind stets motorische Reizantworten im Bereich der Finger (!) aufzusuchen.

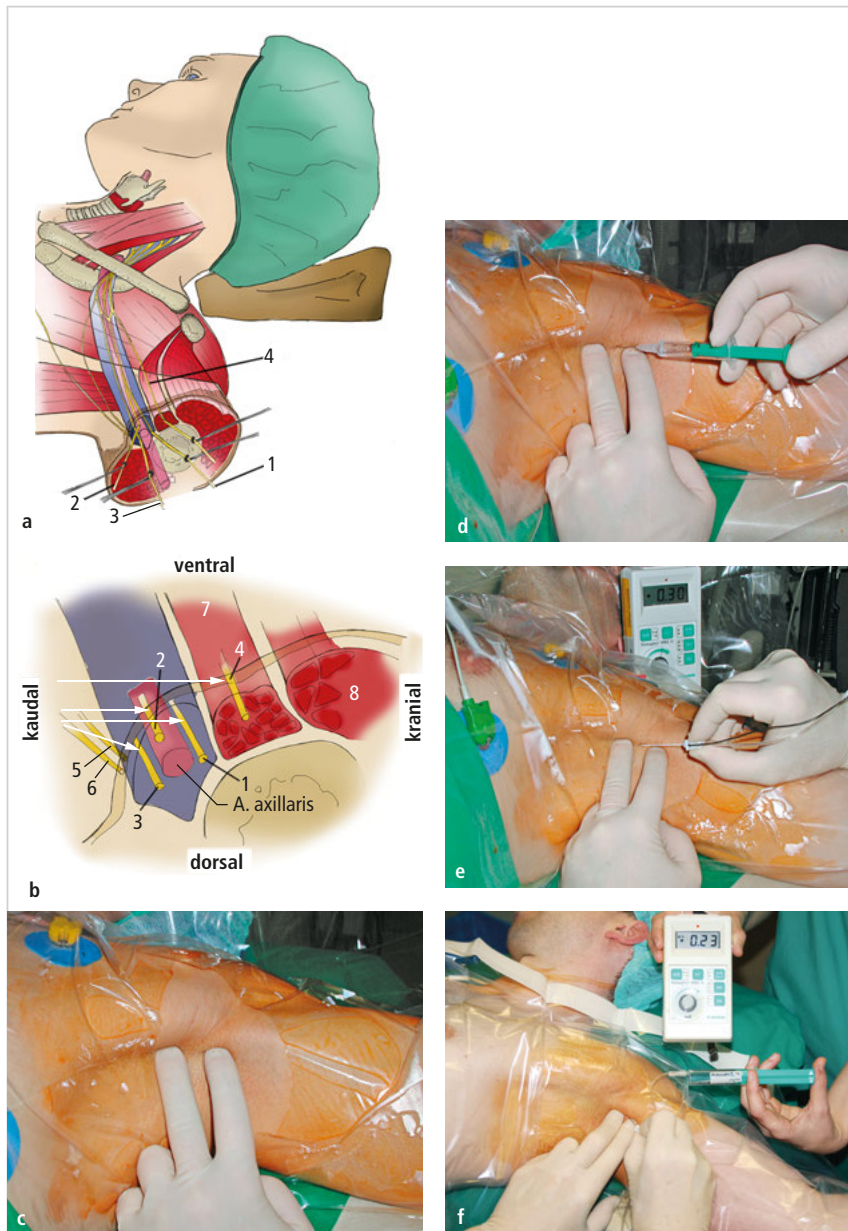


Abb. 16.9 Anatomie bei der Blockade des Plexus axillaris und Blockade des Plexus axillaris von kaudal.

- a** Plexus brachialis mit platzierter Kanüle.
1 = N. radialis; 2 = N. medianus; 3 = N. ulnaris; 4 = N. musculocutaneus
- b** Detailaufnahme zur Position der Nerven in Bezug zur A. axillaris. Der N. radialis (1) liegt (von kaudal tastend/ gesehen) meist direkt hinter (= kranial) der A. axillaris, der N. medianus (2) am vorderen und oberen (= kaudalen und ventralen) Rand der A. axillaris und der N. ulnaris (3) am unteren und vorderen (= dorsalen und kaudalen) Rand der A. axillaris. 4 = N. musculocutaneus; 5 = N. intercostobrachialis; 6 = N. cutaneus antebrachii medialis; 7 = M. coracobrachialis; 8 = M. biceps (Reihenfolge der Punktion bei landmarkenorientierter Punktion vgl. ► Abb. 16.11b).
- c** Palpation der A. axillaris.
- d** Lokale Betäubung der Haut über der A. axillaris.
- e** Punktion und Aufsuchen des Plexus axillaris mithilfe eines Nervenstimulators (Stichrichtung als ob eine retrograde Punktion der Arterie beabsichtigt wäre) (Stimplex A-Kanüle, Fa. B. Braun).
- f** Ausschluss einer Gefäßpunktion durch Aspiration und anschließende Injektion des Lokalanästhetikums (durch einen Helfer).

Punktion unter zusätzlicher Ultraschallkontrolle

Inzwischen wird anstatt einer rein landmarkenorientierten Blockade zumeist eine Punktion unter zusätzlicher Ultraschallkontrolle durchgeführt. Idealerweise werden hierzu spezielle Sonographiekanülen verwendet (z.B. SonoPlex Stim cannula; Fa. Pa-junk; ► Abb. 16.10). Mittels Ultraschall können die Lage der A. axillaris, die Lage der (echoarmen) Nerven, die Position der Punktionskanüle, v.a. auch die Ausbreitung des Lokalanästhetikums beurteilt werden (Kap. 15.2.3) (► Abb. 16.12b). Trotz Ultraschallkontrolle (Kap. 15.2.3) sollte idealerweise zusätzlich eine Nervenstimulation (S.405) durchgeführt werden. Bei der ultraschallkontrollierten Punktion wird – bei üblicher Armlagerung (S.404) – der Schallkopf von kaudal (oder von kaudal und leicht ventral) in die Axilla eingeführt (► Abb. 16.11a, ► Abb. 16.11c). Zum Teil wird noch in Out-of-Plane-Technik (S.366) (► Abb. 16.11a) punktiert. Hierbei wird unter Kanülenspitzenna-

vigation (S.366) punktiert. Viele Regionalanästhesisten (auch der Autor dieses Buches) punktieren bei diesem Block nur in In-Line-Technik, wobei der Markierungspunkt des Schallkopfes nach ventral (oder nach ventral und leicht kranial) zeigen muss (► Abb. 16.11c). Bei der In-Line-Technik wird stets deutlich (ca. 2 cm) kranial des Ultraschallkopfes eingestochen (► Abb. 16.11c) und dann ungefähr nach dorsal (zur Blockade der Nn. ulnaris, medianus) bzw. dorsal und leicht kranial (zur Blockade der Nn. radialis, musculocutaneus) punktiert. Der linsenförmige N. musculocutaneus (der frühzeitig aus dem Fasciculus lateralis abgeht) weist eine erhebliche Variabilität auf und wird meist mehr oder weniger ventral der A. axillaris im Bereich des M. coracobrachialis sehr gut darstellbar (► Abb. 16.12c). Da er relativ weit von den anderen Nerven entfernt verläuft, sollte er als letzter (oder erster) Nerv unter Ultraschallkontrolle und zusätzlicher Nervenstimulation isoliert blockiert werden (mit ca. 3–8 ml Lokalanästhetikum [583]).

Der N. radialis stellt sich (im Ultraschallbild) meist direkt hinter (schallkopffern bzw. kranial) der A. axillaris (ca. 17 Uhr bezogen auf die Arterie), der N. medianus meist ungefähr am vorderen oberen (kaudalen ventralen) Rand der Arterie (meist ca. 22 Uhr bezogen auf die Arterie) und der N. ulnaris meist am vorderen unteren (kaudalen dorsalen) Rand der A. axillaris (ca.

1–2 Uhr bezogen auf die Arterie) dar (► Abb. 16.11b). Zumeist wird (auch vom Autor dieses Buches) bei der ultraschallkontrollierten Blockade empfohlen, alle 3 Nerven einzeln zu blockieren. Hierbei kann zuerst der N. radialis, danach der N. ulnaris (der sich meist zwischen A. axillaris und leicht komprimierbarer V. axillaris befindet (► Abb. 16.11b), dann der N. medianus und zuletzt der N. musculocutaneus blockiert werden (► Abb. 16.11b). Wird ein Katheter platziert, dann sollte er möglichst immer neben den N. radialis vorgeschoben werden (vgl. kontinuierliche Blockade (S.410)). Manchmal wird empfohlen, primär denjenigen der 3 Nerven aufzusuchen, der Hauptversorger des Operationsbereichs ist, und dort das gesamte Depot des Lokalanästhetikums zu injizieren (im Zweifelsfall immer neben dem N. radialis injizieren). Häufiger wird auch ein Depot an Lokalanästhetikum vor (kaudal) (für Nn. ulnaris, medianus; ► Abb. 16.12a) und ein Depot hinter (kranial) (für N. radialis; ► Abb. 16.12b) der A. axillaris injiziert. Bei Injektion des Lokalanästhetikums ist meist eine halbkreisförmige Ausbreitung des Lokalanästhetikums um die Arterie erkennbar.



Abb. 16.10 Sonographiekannüle. Punktionskanüle (SonoPlex Stim cannula; Fa. Pajunk) mit Elektrostimulationskabel (1) und Zuspritzschlauch (2) für die Single-Shot-Technik. Sonographiekannüle mit Einkerbungen (aufgerauter Textur) an der Spitze für optimale Schallreflexionen.

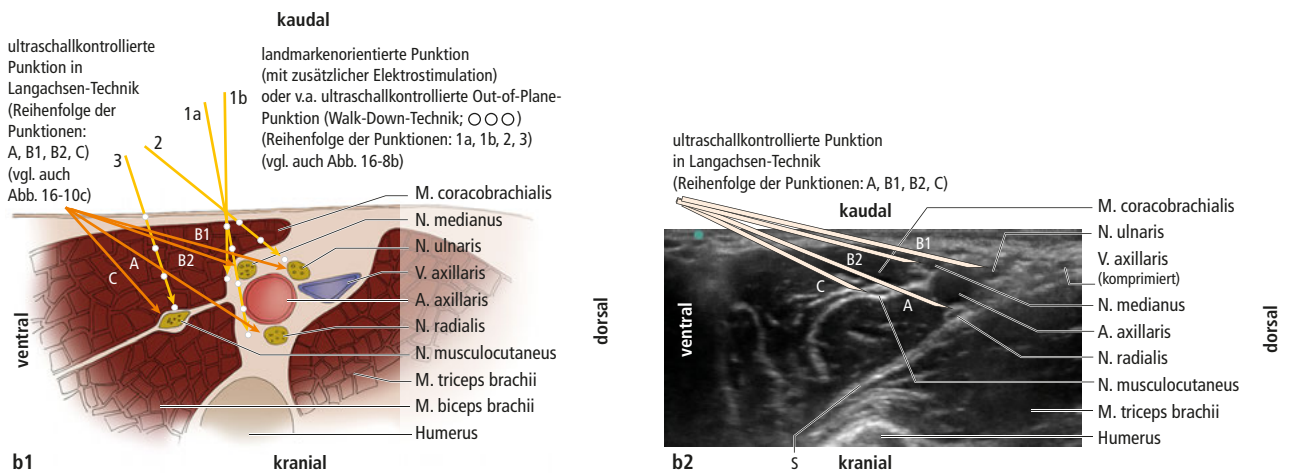


Abb. 16.11 Axilläre Blockade des Plexus brachialis.

- a Punktion in Out-of-Plane-Technik.
- b Darstellung (schematisch in b1 bzw. mittels Ultraschall in b2 des N. radialis (meist direkt hinter [kranial] der A. axillaris), des N. medianus (meist am vorderen oberen [kaudalen ventralen] Rand der A. axillaris) und des N. ulnaris (meist am vorderen unteren [kaudalen dorsalen] Rand der A. axillaris, der sich meist zwischen A. und V. axillaris befindet); S= gemeinsame Sehne des M. teres major und des M. latissimus dorsi).
- c In-Line-Technik bei der axillären Plexusblockade, wobei stets von deutlich (ca. 2 cm) kranial der Sonde ungefähr nach dorsal (Nn. ulnaris, medianus) bzw. nach dorsal und leicht kranial (Nn. radialis, musculocutaneus) punktiert wird.

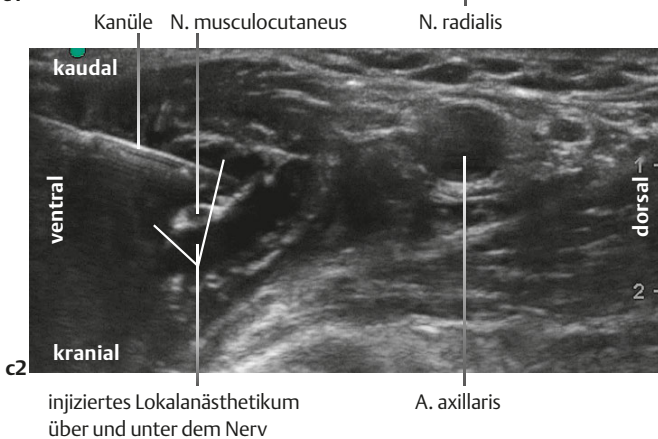
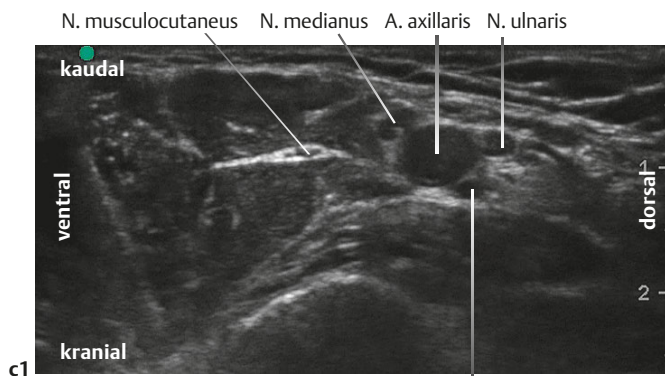
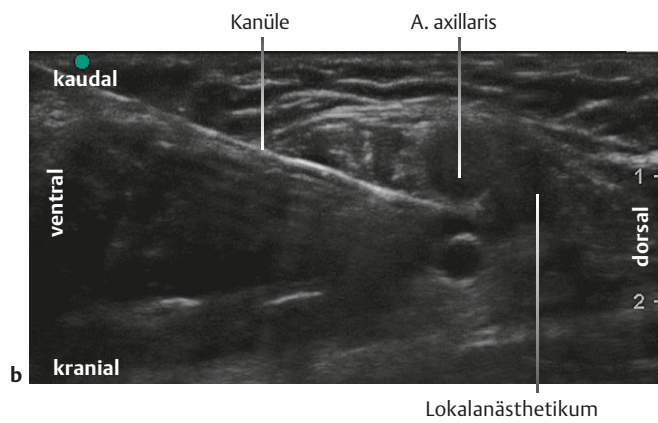
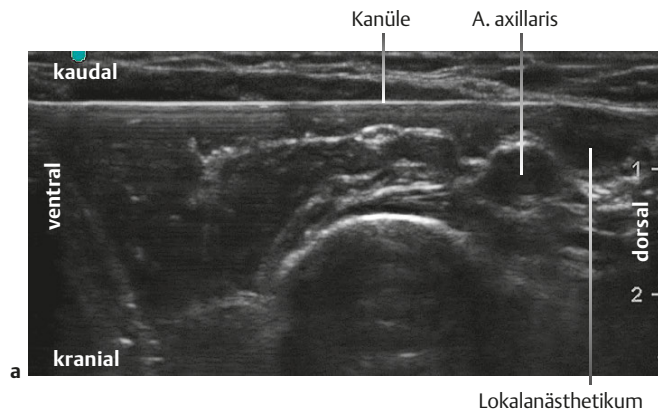


Abb. 16.12 Axilläre Blockade des Plexus brachialis.

- a Lokalanästhetikum-Gabe vor (kaudal) der A. axillaris im Bereich des N. medianus und des N. ulnaris.
- b Lokalanästhetikum-Gabe hinter (kranial) der A. axillaris im Bereich des N. radialis.
- c Darstellung (oben) und isolierte Blockade (unten) des (linsenförmigen) N. musculocutaneus im M. coracobrachialis.

Injektion des Lokalanästhetikums

Bei sicherer Punktion der Gefäß-Nerven-Scheide und sicherer Injektion des Lokalanästhetikums in die Gefäß-Nerven-Scheide reicht ein einziges Depot an Lokalanästhetikum neben die A. axillaris aus (sog. perivaskuläre Single-Shot-Technik).

Als Lokalanästhetikum kommt v. a. Prilocain 1 % zum Einsatz. Es sollte bei der landmarkenorientierten und zusätzlich elektrostimulationsgestützten Blockade ein relativ großes Volumen (bei Erwachsenen meist ca. 30–50 ml) zum „Fluten“ der Gefäß-Nerven-Scheide verwendet werden. Bei einer ultraschallkontrollierten Blockade reichen dagegen oft 15–30 ml Lokalanästhetikum aus [583].

Der N. musculocutaneus wird aufgrund der Tatsache, dass er zumeist schon tief in der Axilla die gemeinsame Gefäß-Nerven-Scheide verlässt, bei der axillären Single-Shot-Technik zumeist nicht blockiert. Um dies zu verhindern, kann er durch zusätzliche Injektion von ca. 5 ml Lokalanästhetikum in den M. coracobrachialis – in dessen Muskelbauch er verläuft – blockiert werden. Der M. coracobrachialis kann meist direkt oberhalb (ventral) der A. axillaris getastet werden. Es ist nicht notwendig, hierbei Parästhesien oder – mittels Nervenstimulator – motorische Reizantworten auszulösen. (Bei einer ultraschallkontrollierten Blockade kann er dagegen direkt „unter Sicht“ blockiert werden.) Um bei der Single-Shot-Technik möglichst auch eine Blockade des N. musculocutaneus zu erzielen (der die gemeinsame Gefäß-Nerven-Scheide schon weit proximal verlässt), wurde häufiger empfohlen, während der Injektion distal der Punktionsstelle die Gefäß-Nerven-Scheide zu komprimieren, damit das Lokalanästhetikum innerhalb der Gefäß-Nerven-Scheide ausreichend weit nach kranial aufsteigt und nicht z. T. nach kaudal abfließt. Es ist allerdings nicht sicher belegt, dass dadurch der gewünschte Effekt erzielbar ist. Insbesondere bei der Reposition von Radiusfrakturen kann die unzureichende Blockade des N. musculocutaneus evtl. Probleme bereiten. Der noch weiter kranial als der N. musculocutaneus abgehende N. axillaris kann bei der axillären Blockade fast nie zufriedenstellend blockiert werden. Wird eine Kathetertechnik (S.410) durchgeführt, dann wird das Lokalanästhetikum weiter zentral deponiert (da der Katheter weiter nach zentral vorgeschoben wird) und der N. musculocutaneus wird zumeist mit erfasst.

Gegebenenfalls zusätzliche Blockade der Nn. cutaneus brachii medialis und intercostobrachialis

Nach Anlage der axillären Blockade empfiehlt es sich ggf., über der zu tastenden A. axillaris durch eine subkutane, größerflächige Infiltration von ca. 3–5 ml den N. cutaneus brachii medialis (der aus dem Fasciculus medialis entspringt und weit proximal die Gefäß-Nerven-Scheide verlässt, und den N. intercostobrachialis (der aus dem N. intercostalis Th 2 und Th 3 entspringt und außerhalb der Gefäß-Nerven-Scheide verläuft) zu blockieren (► Abb. 16.6). Diese Nerven versorgen die Innenseite des Oberarms. Durch deren Blockade wird eine am Oberarm anzulegende Manschette (für eine Blutleere oder Blutsperrre) besser toleriert.

Nach Durchführung der axillären Plexusblockade wird die Punktionsstelle mit sterilem Pflaster bedeckt. Bis die Blockade des Plexus brachialis komplett ist, vergehen meist ca. 20–30 Minuten.

Erfolg und Misserfolg

Erfolgsquote

Der Beginn einer Plexusanästhesie kann anhand der nachlassenden Motorik überprüft werden. Beim hierfür geeigneten sog. Fin-

ger-Nase-Versuch des auf dem Rücken liegenden Patienten kann der Patient den gestreckten Arm meist in der Schulter noch anheben. Ist der N. radialis schon blockiert und kann dadurch das Ellenbogengelenk nicht mehr gestreckt werden, knickt das Ellenbogengelenk ein, und der Unterarm kann plötzlich auf das Gesicht des liegenden Patienten fallen. Es muss jedoch verhindert werden, dass der (evtl. eingegipste) Unterarm tatsächlich auf das Gesicht fällt, sonst könnte es zu einer Gesichtsverletzung kommen.

Die Erfolgsquote der axillären Plexusblockade bei Anwendung der elektrischen Nervenstimulation wird in vielen Publikationen folgendermaßen angegeben: Etwa 70–80% [685] der axillären Blockaden sitzen komplett (Erfolg: Kategorie A). Bei ca. 15–25% müssen supplementierende Maßnahmen wie Nachinjektion eines Lokalanästhetikums (falls ein Katheter in die Plexusscheide eingeführt wurde), Gabe eines Analgetikums oder eine periphere Blockade z. B. im Bereich der Hand vorgenommen werden (Erfolg: Kategorie B). In ca. 5% treten echte Versager auf (Erfolg: Kategorie C (S.375)), die auch durch eine Supplementierung nicht zu „retten“ sind. Bei Durchführung einer ultraschallkontrollierten axillären Plexusblockade können ein fast 100%iger Blockadeerfolg und ein schnellerer Wirkungsbeginn erzielt werden ([685]; Kap. 15.2.3).

Manchmal werden bei der axillären Blockade v. a. der N. ulnaris und der N. medianus gut blockiert, während der N. radialis weniger gut blockiert ist. Dies wird z. T. durch bindegewebige Septierungen der Gefäß-Nerven-Scheide in Höhe der Axilla erklärt. Möglicherweise befinden sich der N. ulnaris und der N. medianus in einem gemeinsamen Septumkompartiment, der N. radialis in einem weiter dorsal gelegenen zweiten Kompartiment. Zum Teil wird auch angenommen, dass sich jeder der 3 Nerven in einem eigenen Bindegewebskompartiment befindet. Die Septen scheinen jedoch inkomplett zu sein, sodass normalerweise mit einer einzelnen Injektion in die gemeinsame Gefäß-Nerven-Scheide alle 3 Nerven ausreichend blockiert werden können.

Komplikationen

- Nervenverletzungen. Die Inzidenz vorübergehender neurologischer Schädigungen wurde mit ca. 1,5 pro 100 angegeben ([569]; [647]).
- Hämatombildung nach versehentlicher Punktion der A. axillaris (in ca. 0,5–1%).
- Da die Ausbreitung eines solchen Hämatoms durch die Gefäß-Nerven-Scheide behindert ist, kann es durch das Hämatom innerhalb der Gefäß-Nerven-Scheide zu einer Kompression und Druckschädigung der dort verlaufenden Nerven kommen. Eine versehentliche Punktion der A. axillaris erfordert eine langfristige (3- bis 5-minütige) manuelle Kompression der Arterie. Auch eine Punktion der V. axillaris ist möglich.

Kontraindikationen

- allgemeine Kontraindikationen für Regionalanästhesieverfahren (► Tab. 16.1)
- entzündliche Veränderungen der Lymphgefäße (Lymphangitis) oder Lymphknoten (Lymphadenitis) am entsprechenden Arm

Solche Veränderungen können z. B. bei einer eitrigen Entzündung des Fingerbettes (Panaritium) vorliegen. Entzündliche Lymphknotenvergrößerungen in der Axilla müssen vorher ausgeschlossen werden, sonst könnte es zu einer punktionsbedingten Keimverschleppung kommen.

Kontinuierliche Blockade

Neben einer einzeitigen Blockade des Plexus brachialis können auch Katheterverfahren zum Einsatz kommen. Hierfür stehen spezielle Kathetersets zur Verfügung. Bei Durchführung einer Kathetertechnik soll – neben sterilen Handschuhen, Mundschutz und Kopfhaube, zusätzlich ein steriler Kittel getragen werden (Kap. 16.3.3). Die möglichen Punktionsstechniken entsprechen denjenigen bei der einzeitigen Plexusblockade (S.405). Es ist jedoch eine spezielle Punktionskanüle zu verwenden. Bei In-Line-Technik ist eine Kanüle mit Sprotte- oder

Tuohy-Spitze, bei Out-of-Plane-Technik ist eine Kanüle mit Quincke- oder Facetten-Schliff-Spitze zu verwenden. Bei Punktions in Out-of-Plane-Technik (in Richtung Nervenverlauf) sollte deshalb eine Kanüle mit Quincke- oder Facettenschliff verwendet werden, damit der Katheter ungefähr geradeaus entlang des Nerven gut vorgeschoben werden kann (► Abb. 16.14bb). Bei Punktions in In-Line-Technik (Punktions meist fast senkrecht auf den Nerv zu) sollte eine Kanüle mit Tuohy- oder Sprotte-Spezial-Spitze verwendet werden, damit der Katheter nach lateral entlang des Nervenverlaufs vorgeschoben werden kann (► Abb. 16.13a, ► Abb. 16.14b).

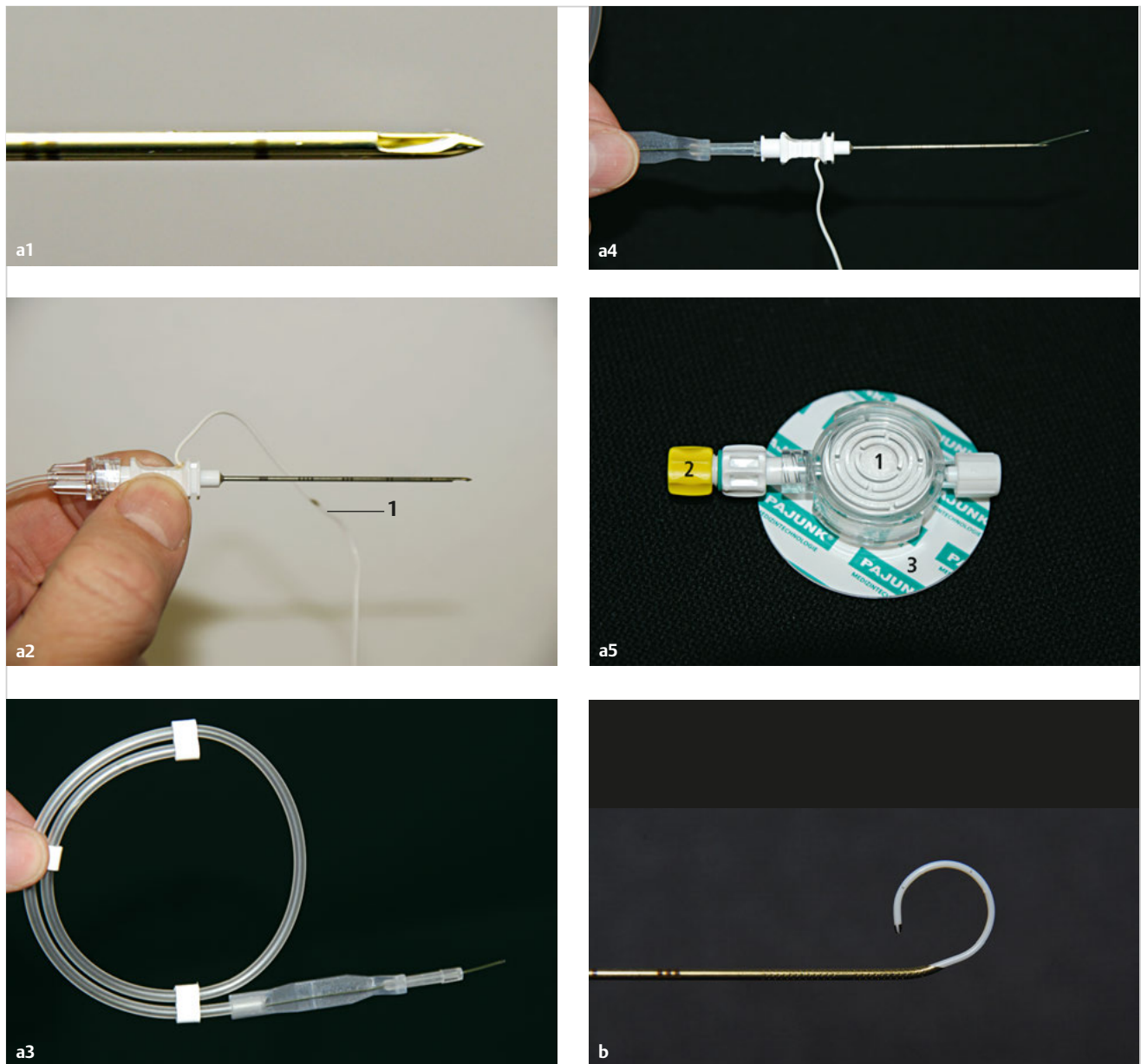


Abb. 16.13 Bestecke zur kontinuierlichen Plexusanästhesie. Es stehen Kanülen mit Quincke-Schliff oder Facettenschliff für die Punktions und v. a. zum Vorschieben (!) des Katheters bei Punktions in Out-of-Plane-Technik oder Kanülen mit Sprotte- oder Tuohy-Spitze für die Punktions und v. a. zum Vorschieben (!) des Katheters bei Punktions in In-Line-Technik zur Verfügung.

- a** PlexoLong NanoLine Set (Fa. Pajunk, Geisingen) nach Meier mit Sprotte-Spezial-Spitze für Punktions und v. a. zum Vorschieben (!) des Katheters in In-Line-Punktions-Technik; vgl. ► Abb. 16.14b rechts); a1 Sprotte-Spezial-Spitze, Detailaufnahme; a2 isolierte Stimulationskanüle mit Kabel zum Anschluss eines Nervenstimulators und konnektierter Zuspritzleitung (1); a3 Katheter (mit Mandrin); a4 eingeführter Katheter; a5 Partikelfilter (1) mit Katheterkonnector (2) und Fixierungsplatte (3) zum Festkleben auf der Haut.
- b** SonoLong Curl-Echo-Kanüle (mit Tuohy-Spitze; Fa. Pajunk) mit eingeführtem Pigtail-(Curl-)Katheter. Spezielle Sonographiekannüle mit Einkerbungen (aufgerauter Textur), wodurch Ultraschallwellen gut reflektiert werden.

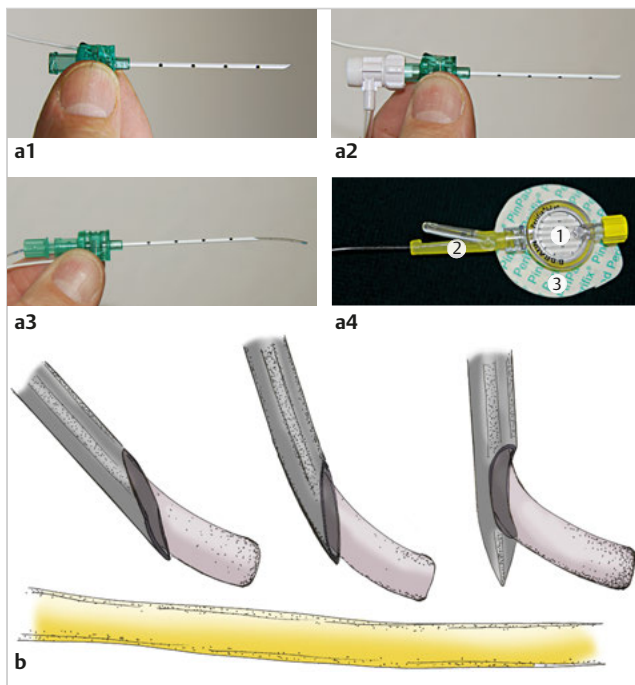


Abb. 16.14 Bestecke zur kontinuierlichen Plexusanästhesie. Es stehen Kanülen mit Quincke-Schliff oder Facettenschliff für die Punktion und v. a. zum Vorschieben (!) des Katheters bei Punktion in Out-of-Plane-Technik oder Kanülen mit Sprotte- oder Tuohy-Spitze für die Punktion und v. a. zum Vorschieben (!) des Katheters bei Punktion in In-Line-Technik zur Verfügung.

- a** Contiplex S (Fa. B. Braun Melsungen); a1 Kanüle mit Facettenschliff (vgl. b, links); a2 konnektierter Zuspritzport; a3 eingeführter Katheter; a4 Partikelfilter (1) mit Katheterkonnektor (2) und Perfix PinPad (3) zum Festkleben des Partikelfilters auf der Haut.
- b** Während bei Kanülen mit Quincke- oder Facettenschliff (links) der Katheter (bei Punktion in Out-of-Plane-Technik) fast gerade vorgeschoben wird, kann er bei Kanülen mit Tuohy- bzw. Sprotte-Spezial-Spitze (Mitte bzw. rechts; für Punktion in In-Line-Technik) mehr zur Seite vorgeschoben werden (bezüglich der verschiedenen Kanülenspitzen vgl. auch ► Abb. 15.4, ► Abb. 16.39, ► Abb. 16.40).

Normalerweise sollten Plexuskatheter nur ca. 1–3 cm über die Kanülenspitze vorgeschoben werden. Ein weiteres Vorschieben des Katheters scheidet häufig an einem horizontal verlaufenden Septum, das auf Höhe der Clavicula den supraklavikulären von dem axillären Teil der Gefäß-Nerven-Scheide trennt. Zur **Lagekontrolle** der Kanüle können auch ca. 3–5 ml kühl-schrankkalte physiologische Kochsalzlösung zügig über den Katheter injiziert werden. Bei korrekter Positionierung werden hierdurch thermische Dysästhesien provoziert. Außerdem wird hierbei die Gefäß-Nerven-Scheide aufgedehnt und der Katheter lässt sich hierdurch oft leichter vorschieben. Wird der Katheter unter Ultraschallkontrolle (S.406) platziert, so sollte er möglichst neben dem N. radialis vorgeschoben werden.

Mögliche Indikationen für ein Katheterverfahren sind:

- (postoperative) Schmerztherapie
- Verbesserung der Durchblutung nach Replantationschirurgie
- längerfristige Sympathikusblockade bei sympathischer Reflexdystrophie

Wahl des Lokalanästhetikums

Für die landmarkenorientierte und zusätzlich elektrostimulationsgestützte axilläre Blockade des Plexus brachialis werden initial zumeist relativ hohe Volumina eines Lokalanästhetikums eingesetzt, um den Blockadeerfolg zu verbessern. Aus diesem Grund kommt vorzugsweise Prilocain 1% zur Anwendung, da seine große therapeutische Breite hohe Volumina erlaubt. Alternativ kann auch Mepivacain 1% eingesetzt werden. (Bei einer zusätzlich ultraschallkontrollierten Blockade werden niedrigere Volumina (S.409) empfohlen – 15–30 ml anstatt 30–50 ml). Bei korrekter Injektion des Lokalanästhetikums in die Gefäß-Nerven-Scheide wird es nur relativ langsam resorbiert. Die systemischen Plasmakonzentrationen sind verhältnismäßig niedrig. Bei Verwendung hoher Dosen von Prilocain ist eine Methämoglobinbildung (S.350) zu beachten. Im Folgenden sind Dosierungsempfehlungen für die landmarkenorientierte und zusätzlich elektrostimulationsgestützte Punktion für Erwachsene angegeben (für Kinder siehe hier (S.1181)). Im Rahmen von Operationen werden zur Anästhesie v. a. empfohlen:

- Prilocain: 1 %, ca. 30–50 ml; Wirkungsdauer: 3–4 Stunden
 - Mepivacain: 1 %, bis 40 ml; Wirkungsdauer: 3–4 Stunden
 - (Lidocain: 1 %, bis 40 ml; Wirkungsdauer ca. 3 Stunden)
 - (Ropivacain: 0,75 %, ca. 30 ml; Wirkungsdauer: 10–16 Stunden)
 - (Bupivacain: 0,5 %, bis 30 ml; Wirkungsdauer: 10–16 Stunden)
 - (Levobupivacain: 0,5 %, bis 35 ml; Wirkungsdauer: 10–16 Stunden)
- (Bei der zusätzlich ultraschallkontrollierten Punktion reichen ca. 30–40 % geringere Volumina)

Im Rahmen der (postoperativen) Schmerztherapie werden – bei gut liegendem Plexuskatheter – v. a. empfohlen:

- Ropivacain: 0,2 %, ca. 30 ml, Wirkungsdauer: 10–16 Stunden
- Bupivacain: 0,25 %, bis 30 ml, Wirkungsdauer: 10–16 Stunden
- Levobupivacain 0,25 %, bis 35 ml, Wirkungsdauer: 10–16 Stunden

Bei Verwendung lang wirksamer Lokalanästhetika (z. B. Bupivacain) kann z. T. eine extrem lange Wirkung (in Einzelfällen bis zu fast 24 Stunden) erzielt werden. Die hierdurch bedingte lang anhaltende Schmerzfremheit könnte insbesondere bei ambulanten Patienten evtl. von Nachteil sein. Hier könnte eine Verletzung der Extremität drohen, falls der Patient den Arm nicht entsprechend schont. Es könnte auch zu einer Schädigung der Extremität kommen, falls Verband oder Gips einschnüren und dies aufgrund der Schmerzfremheit lange Zeit unbemerkt bleibt. Bei ambulanten Patienten scheint daher die Verwendung mittellang wirksamer Lokalanästhetika sinnvoller zu sein.

Auch die relativ geringe therapeutische Breite und die relativ hohe Kardiotoxizität lassen v. a. Bupivacain, Levobupivacain und Ropivacain für die einzeitige Plexusanästhesie weniger geeignet erscheinen. Ropivacain bzw. Bupivacain werden dagegen häufig bei gut sitzendem Plexuskatheter verabreicht, wenn es gilt, postoperativ wiederholt eine gute und lang anhaltende sensible Blockade bzw. eine Sympathikusblockade zu erzielen. Hier bietet sich v. a. die Gabe von z. B. 0,2- bis 0,375%igem Ropivacain bzw. evtl. 0,25%igem Bupivacain an. Zum Teil wird hierbei Ro-

Tab. 16.7 Kurzinformation axilläre Plexusblockade.

Kriterium	Details
Charakteristika	einfach, risikoarm; wird am häufigsten von allen Plexusblockaden durchgeführt
Einsatz	Eingriffe (am distalen Drittel des Oberarms sowie) an Ellenbogengelenk, Unterarm und Hand
Kontraindikationen	<ul style="list-style-type: none"> • allgemeine Kontraindikationen für Regionalanästhesieverfahren (► Tab. 16.1) • entzündliche Veränderungen der Lymphgefäße (Lymphangitis) oder Lymphknoten (Lymphadenitis) am entsprechenden Arm
Medikamente	<ul style="list-style-type: none"> • für Operation: vorzugsweise Prilocain 1% (elektrostimulationsgestützte Punktion 30–50 ml, ultraschallkontrollierte Punktion 15–30 ml beim Erwachsenen) • für postoperative Schmerztherapie: vorzugsweise Ropivacain 0,2% (30 ml Boli oder 4–6 ml/h beim Erwachsenen)
Empfehlungen	mindestens Nervenstimulator, ggf. zusätzlich Ultraschallgerät

pivacain bzw. Bupivacain auch über eine Infusionspumpe – mit ca. 4–6 ml/h [583] – verabreicht. Prilocain ist aufgrund der Methämoglobinbildung nicht für die kontinuierliche Gabe geeignet.

Wird ein Plexuskatheter gelegt, dann kann darüber postoperativ auch eine patientenkontrollierte Analgesie (PCA) durchgeführt werden. Initial können ungefähr folgende Einstellungen (unter Beachtung der Maximaldosierung) programmiert werden:

- Bolus: 5–10 ml
- Sperrintervall: 30–60 Minuten
- Lokalanästhetikum: 0,2- bis 0,375%iges Ropivacain (zumeist reicht 0,2%iges Ropivacain aus)

Wiederholt wurde empfohlen, zusätzlich zum Lokalanästhetikum noch ein Opioid oder Clonidin lokal zu injizieren, wodurch die Blockadedauer verlängert werden könne. Für Clonidin wird im Rahmen von peripheren Regionalanästhesien oft eine Dosierung von 0,5–1 µg/kgKG empfohlen. Zum Teil konnte durch Zumischen von 1,5 µg/kgKG Clonidin bzw. 1,5 mg/kgKG Tramadol zum Lokalanästhetikum allerdings keine (!) Wirkungsverlängerung erzielt werden [566]. Außerdem sind diese Medikamente hierzu nicht zugelassen.

Mischen von Lokalanästhetika

Insbesondere im Rahmen von Plexusanästhesien wird von einigen Anästhesisten ein Lokalanästhetikum mit schnellem Wirkungseintritt, aber nur mittellanger Wirkung (z. B. Prilocain) mit einem lang wirkenden Lokalanästhetikum (z. B. Ropivacain) gemischt. Ziel ist ein schnell einsetzender und lang anhaltender Block.

Für die Mischung von Lokalanästhetika gilt, dass sich ihre toxischen Wirkungen normalerweise addieren: Werden z. B. jeweils 50% derjenigen Dosis von Prilocain und Bupivacain verabreicht, die zur toxischen Grenzkonzentration führen, so ist die maximale Gesamtdosis dieses Gemischs erreicht. Bei bestimmten Kombinationen können sich die toxischen Wirkungen beider Substanzen evtl. potenzieren! Solche Mischungen scheinen zwar eine sinnvolle klinische Maßnahme, aus pharmakologisch-toxikologischer Sicht weisen sie jedoch keinen Vorteil auf [718].

Wesentliche Informationen zur axillären Plexusblockade sind in ► Tab. 16.7 zusammengefasst.

Supraklavikuläre Blockade des Plexus brachialis (ultraschallkontrolliert)

Der Plexus brachialis kann ultraschallkontrolliert (!) auch direkt hinter dem Schlüsselbein blockiert werden (für Operationen an Schulter und Arm).

Detailwissen

Supraklavikuläre Plexus-brachialis-Blockade

Anatomie

Der Plexus brachialis zieht dicht gebündelt direkt lateral und etwas dorsal der A. subclavia mit dieser zusammen über die erste Rippe (► Abb. 16.9a, ► Abb. 16.16, ► Abb. 16.17, ► Abb. 16.18). Medial der A. subclavia inseriert der M. scalenus anterior und lateral des Plexus brachialis inseriert der M. scalenus medius an der ersten Rippe. Zwischen dem M. scalenus anterior und dem M. scalenus medius befindet sich die sog. Skalenuslücke (S. 414). A. subclavia und Plexus brachialis ziehen also im kaudalen Teil der Skalenuslücke über die erste Rippe (► Abb. 16.9a, ► Abb. 16.16, ► Abb. 16.17, ► Abb. 16.18).

Punktionstechnik und Lokalanästhetikum

Bei der (zwingend) ultraschallkontrollierten supraklavikulären Blockade des Plexus brachialis (mit zusätzlicher Elektrostimulation) wird der Ultraschallkopf direkt dorsal der Mitte des Schlüsselbeines aufgesetzt und die Schallebene dann nach kaudal gekippt (► Abb. 16.15a). Durch leichtes Hin- und Herkippen des Schallkopfes lassen sich A. subclavia und der lateral und etwas dorsal davon verlaufende Plexus brachialis meist leicht darstellen (► Abb. 16.15b). Es ist eine Position zu suchen, in der der Plexus direkt der 1. Rippe (mit ihrem Schallschatten) aufliegt und nicht (!) der Pleura, damit bei versehentlich zu weitem Vorstechen auf die Rippe und nicht in die Pleura gestochen wird. Von lateral des Ultraschallkopfes wird nun – nach lokaler Infiltration – unter der langen Achse des Ultraschallkopfes in In-Line-Technik (!) nach medial auf den Plexus zu punktiert. Die exakte Position von Kanülenspitze, Pleura, A. subclavia und 1. Rippe müssen stets (!) dargestellt sein, um eine Pleura- oder Gefäßverletzung sicher vermeiden zu können. In diesem Bereich ist der Plexus von einer röhrenförmigen Bindegewebsscheide umgeben. Idealerweise wird das Lokalanästhetikum innerhalb dieser Nervenscheide injiziert. Es muss der gesamte Plexus (ober- und unterhalb) umspült werden. Dann reichen ca. 15–30 ml Lokalanästhetikum aus; bei kontinuierlicher Infusion über Katheter werden 4–6 ml/h empfohlen [583] (z. B. Prilocain 1%). Wird ober- und unterhalb (!) der dreieckförmigen Bindegewebsscheide injiziert, werden meist ca. 30 ml Lokalanästhetikum benötigt. Die Position des Fasciculus medialis (aus dem der N. ulnaris hervorgeht) vor der großen runden A. subclavia kann mit einer Billardsituation verglichen werden, bei der die 8er-Kugel vor dem Eckloch liegt. Es wird deshalb oft von „8-ball-corner-pocket“ gesprochen. Wird der Plexus nicht ganz umspült, sollte auch eine Portion des Lokalanästhetikums in die Ecke zwischen 1. Rippe und A. subclavia an den Truncus inferior injiziert werden (► Abb. 16.15b).

Indikationen und Vorteile

Mit einer supraklavikulären Blockade des Plexus brachialis können Teile der Schulter (bei zusätzlicher Blockade des N. suprascapularis die gesamte Schulter) und v. a. auch Ober- und Unterarm sowie die Hand blockiert werden. Da der Plexus an dieser Stelle gut gebündelt und von einer Plexusscheide umgeben ist, kann er mit einer relativ geringen Menge an Lokalanästhetika blockiert werden. Die Anschlagszeit des Blocks ist relativ kurz. Dieser Block kann als Alternative zum interskalenären Block für Schulteroperationen durchgeführt werden [713]. Falls für eine Schulteroperation ein Katheter gelegt werden soll, kann der Katheter auch von medial aus platziert werden, um einen möglichst großen Abstand zum Operationsgebiet zu haben [713].

Risiken

Pneumothorax (!), N.-phrenicus-Parese, intraneurale Injektion, venöse oder arterielle Gefäßpunktion, v. a. Punktion der A. subclavia, (evtl. auch der kreuzenden A. dorsalis scapulae, A. suprascapularis). Deshalb fraktionierte Injektion und wiederholte Aspiration.

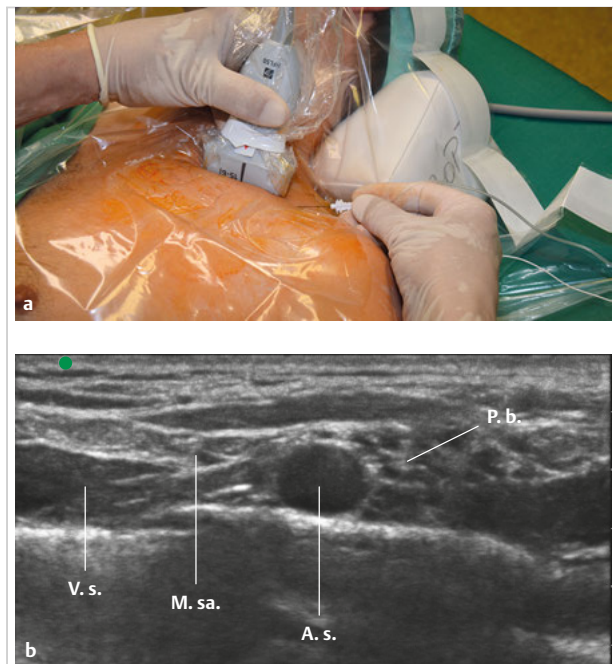


Abb. 16.15 Supraklavikuläre Blockade des Plexus brachialis (ultraschallkontrolliert).

- a** Positionierung der Ultraschallsonde direkt oberhalb und dorsal der Claviculamitte (linke Seite) zur Darstellung von v. a. A. subclavia und Plexus brachialis und Vorschieben der Punktionskanüle in In-Line-Technik von lateral.
- b** Schallbild mit Darstellung von V. subclavia (V.s., komprimiert), A. subclavia (A.s.), Plexus brachialis (P.b.) sowie M. scalenus anterior (M.sa) oberhalb und dorsal der rechten Claviculamitte (linke Seite).

Interskalenäre Blockade des Plexus brachialis

Die interskalenäre Blockade des Plexus brachialis (ein sog. Interskalenusblock) bietet sich v. a. dann an, wenn Schulter, proximaler Oberarm oder laterale Clavicula betäubt werden sollen. Eine häufigere Indikation für den Interskalenusblock ist die Re-

position einer Schulterluxation, eine Arthroskopie oder Operation an der Schulter, die physiotherapeutische Behandlung wegen Schultersteife („frozen shoulder“) oder Operationen im Bereich des proximalen Oberarmes. Die Anlage eines Interskalenusblocks kann auch sinnvoll sein, wenn z. B. an Unterarm oder Hand operiert werden soll, der Patient aber den Arm nicht ab-

duzieren kann und daher ein axillärer Block technisch nicht durchführbar ist. Für Operationen an Unterarm und Hand ist dieser Block allerdings nicht ideal, da häufig die kaudalen Ple-

xusanteile (N. ulnaris) nicht sicher blockiert werden. Es muss dann ggf. zusätzlich eine periphere Blockade des N. ulnaris durchgeführt werden.

Grundlagenwissen

Anatomie des Plexus in der Skalenuslücke

Der Plexus brachialis zieht durch die am Hinterrand des M. sternocleidomastoideus tastbare Skalenuslücke, die ventral vom M. scalenus anterior und dorsal vom M. scalenus medius begrenzt wird. Die Skalenusmuskeln ziehen von den Querfortsätzen der Halswirbel zur 1. Rippe. Sie stellen Atemhilfsmuskeln dar. Der Plexus brachialis (S.401) zieht (als C5–C6-, C7- und C8–Th1-Wurzeln in

die Skalenuslücke und bildet dort den Truncus superior, Truncus medius, Truncus inferior) im dorsalen Anteil durch die Skalenuslücke. Er liegt also unmittelbar vor dem Vorderrand des M. scalenus medius. Ventral des Plexus brachialis, also unmittelbar hinter dem M. scalenus anterior, zieht zusätzlich die (meist tastbare) A. subclavia durch den kaudalen Teil der Skalenuslücke (direkt auf der 1. Rippe; ▶ Abb. 16.9a, ▶ Abb. 16.16a–e).

Vorgehen

Die interskalenäre Blockade wird in den folgenden Schritten durchgeführt:

- Lagerung des Patienten in Rückenlagerung, Kopf zur Gegenseite gedreht
- Desinfektion des Punktionsbereichs (Kap. 16.3.3)
- Aufsuchen der Skalenuslücke und Punktion unter Verwendung eines Nervenstimulators, evtl. unter zusätzlicher Ultraschallkontrolle
- Injektion des Lokalanästhetikums
- ggf. zusätzlich eine periphere Blockade des N. ulnaris
- ggf. zusätzlich Blockade der Nn. cutaneus brachii medialis und intercostobrachialis (falls eine Manschette für die Blutsperrung am Oberarm notwendig ist)
- Pflasterverband

Der Block ist oft relativ einfach durchzuführen, die anatomischen Orientierungspunkte sind meist leicht aufzufinden. Der auf dem Rücken liegende Patient soll den Kopf leicht zur Gegenseite drehen. Zum **Aufsuchen der Skalenuslücke** wird zuerst der Hinterrand des M. sternocleidomastoideus getastet. Dieser lässt sich leicht palpieren, wenn der Patient gebeten wird, den Kopf (ggf. gegen Widerstand, z. B. leichten Druck gegen die Stirn) etwas anzuheben, wodurch sich der M. sternoclei-

domastoideus anspannt. Die hinter dem Hinterrand des M. sternocleidomastoideus tastenden Finger (Zeige- und Mittelfinger) liegen nun auf dem Bauch des M. scalenus anterior. Nach Zurücklegen des Kopfes und Auffordern zum tiefen Durchatmen werden die tastenden Finger etwas nach dorsal gedrängt und können die Skalenuslücke leicht ertasten (▶ Abb. 16.16b).

Merke

M!

Die Skalenusmuskeln sind Atemhilfsmuskeln, die sich bei tiefer Einatmung kontrahieren und verhärten. Dadurch kann die Skalenusfurche bei tiefer Inspiration besser getastet werden.

Der punktierende Arzt sollte am Kopfende des Patienten stehen.

Landmarkenorientierte Punktion

Punktionstechnik nach Winnie

Die interskalenäre Blockade des Plexus brachialis wurde erstmals von Winnie beschrieben. Inzwischen wird die Punktionstechnik nach Winnie allerdings nur noch sehr selten durchgeführt und zumeist wird die risikoärmere Punktionstechnik nach Meier (S.416) bevorzugt.

Detailwissen

Interskalenäre Plexusblockade nach Winnie

Bei der Punktionstechnik nach Winnie wird die Skalenuslücke normalerweise in Höhe des Processus transversus von C6, d. h., lateral des Ringknorpels, punktiert. Oft überquert die V. jugularis externa die Skalenuslücke ungefähr am Punktionsort. Bei der Punktionstechnik nach Winnie wird mit einer kurzen (ca. 4 cm langen) Kurzschliffkanüle ca. 45° nach mediokaudal und leicht nach dorsal in Richtung auf den Querfortsatz vorgestoichen. Besonders wichtig ist, dass ca. 45° nach kaudal punktiert wird. Eine zu stark nach medial gerichtete Punktion muss unbedingt vermieden werden, da hierbei evtl. eine Punktion durch ein Foramen intervertebrale bis in den Peridural- oder Spinalraum (evtl. mit Rückenmarksverletzung) oder auch eine Verletzung der A. vertebralis möglich wäre (▶ Abb. 16.16c, ▶ Abb. 16.16e).

Bei Verwendung einer Kurzschliffkanüle kann oft ein plötzlicher Widerstandsverlust festgestellt werden, wenn die den Plexus umgebende Gefäß-Nerven-Scheide durchstoichen wird. Der Plexus ist meist sehr oberflächlich anzutreffen. Wird in weniger als ca. 2 cm Tiefe auf Knochen punktiert, so handelt es sich um einen Querfortsatz. Es kann dann fächerförmig von ventral nach dorsal wiederholt auf den Querfortsatz punktiert werden, bis der Nerv lokalisiert ist. Bei dieser Punktionstechnik wird fast rechtwinklig auf den Plexus zugestoichen. Dies erschwert evtl. das Einführen eines Katheters. Um das Einführen eines Katheters zu erleichtern – und v. a. um die Gefahr von ernsten Komplikationen wie Punktion von zervikalem Spinal- und/oder Periduralraum, Rückenmark, A. vertebralis, Pleurakuppel und Lunge zu minimieren – wurde von Meier eine modifizierte Technik beschrieben (s. u.).

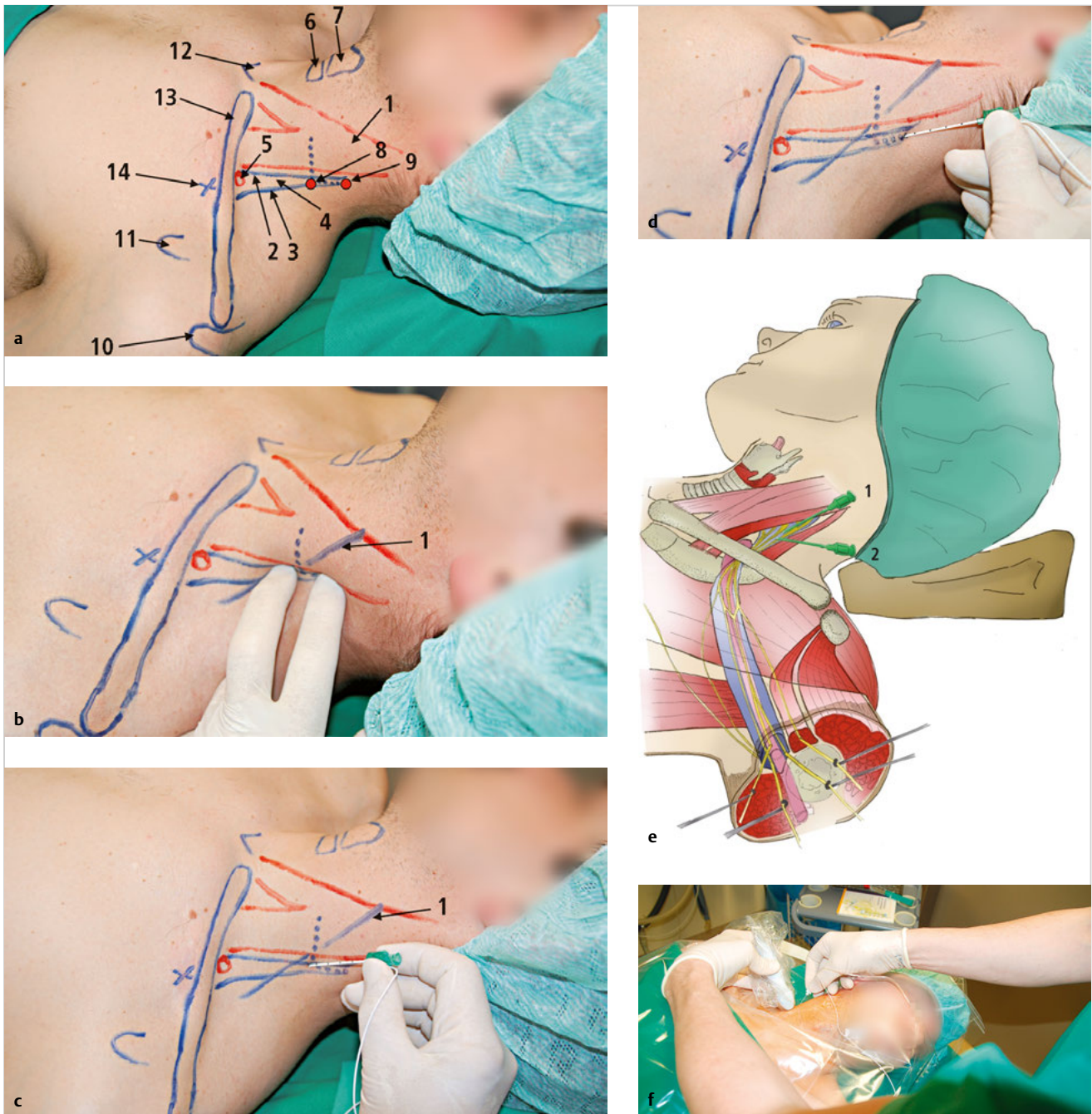


Abb. 16.16 Interskalenäre Plexusblockade.

a Anatomie des Halses und der Skalenuslücke.

1 = M. sternocleidomastoideus, 2 = M. scalenus anterior, 3 = M. scalenus medius, 4 = Skalenuslücke, 5 = A. subclavia, 6 = Ringknorpel, 7 = Schildknorpel, 8 = Punktionsort bei der interskalenären Plexusblockade nach Winnie, 9 = Punktionsort bei der interskalenären Plexusblockade nach Meier, 10 = ventraler Anteil des Akromions, 11 = Processus coracoideus, 12 = Fossa jugularis (Jugulum), 13 = Clavicula, 14 = Punktionsort bei der infraklavikulären Blockade (vgl. ► Abb. 16.18)

b Tasten der Skalenuslücke.

1 = V. jugularis externa

c Punktionstechnik nach Winnie.

1 = V. jugularis externa

d Punktionstechnik nach Meier.

e Anatomie des Halses (schematisch).

1 = Punktionsort und -richtung bei der Punktionstechnik nach Meier, 2 = Punktionsort und -richtung bei der Punktionstechnik nach Winnie

f Interskalenäre Punktion des Plexus brachialis in der Out-of-Plane-Technik.

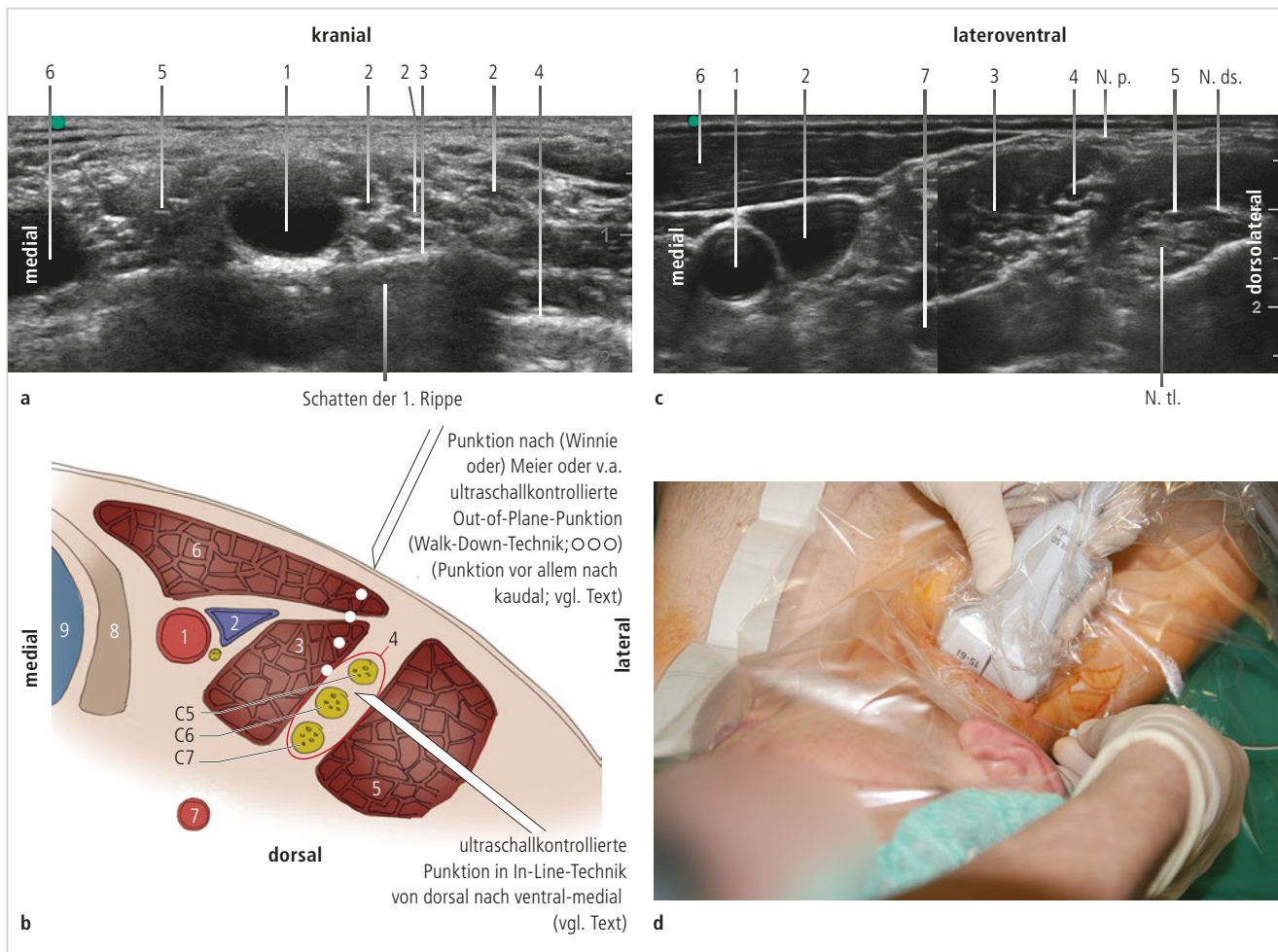


Abb. 16.17 Interskalenäre Plexusblockade.

- a** Darstellung des Plexus brachialis und der A. subclavia direkt oberhalb und hinter dem Schlüsselbein beim Überqueren der 1. Rippe. 1 = A. subclavia, 2 = Plexus brachialis, 3 = 1. Rippe, 4 = Pleura, 5 = Ansatz des M. scalenus anterior, 6 = V. subclavia
- b** Darstellung des Plexus brachialis in der interskalenären Lücke (schematisch). 1 = A. carotis, 2 = V. jugularis interna, 3 = M. scalenus anterior, 4 = interskalenärer Plexus brachialis, 5 = M. scalenus medius, 6 = M. sternocleidomastoideus, 7 = A. vertebralis, 8 = Schilddrüse, 9 = Trachea
- c** Darstellung der rechten Halsseite und der interskalenären Region auf Punktionshöhe für eine interskalenäre Blockade; Nummerierung vgl. ► Abb. 16.17b. N.ds. = N. dorsalis scapulae, N.p. = N. phrenicus; N.tl. = N. thoracicus longus
- d** In-Line-Technik bei der interskalenären Plexusblockade, wobei stets von dorsal der Sonde punktiert wird. Häufig wird allerdings die Out-of-Plane-Technik empfohlen (vgl. Text).

Landmarkerorientierte und elektrostimulationsgestützte Punktionstechnik nach Meier

Bei der (inzwischen zumeist praktizierten) Punktionstechnik nach Meier ([642]; [643]; [572]) wird die Skalenuslücke ca. 2 cm kranial des Ringknorpels (d. h., des Processus transversus C6) – also ca. 2 cm kranial des Punktionsortes bei der Methode nach Winnie (s. o.) – punktiert. (Ist die Skalenuslücke nicht tastbar, dann wird auf Höhe des Ringknorpels die Mitte des M. sternocleidomastoideus aufgesucht. Etwa 3 cm lateral und 2 cm kranial von diesem Punkt befindet sich die Punktionsstelle.) Es wird

zwischen den beiden, die Skalenuslücke palpierenden Fingern (möglichst nahe des proximal liegenden [Zeige-]Fingers) punktiert. Die Stichrichtung zielt nach kaudal, lateral und dorsal, d. h., in flachem Winkel von ca. 30° zur Hautoberfläche. Die Stichrichtung folgt dem Verlauf der Skalenuslücke. Es wird auf das distale, dorsolaterale Ende der Skalenuslücke (dorsolateral der palpierbaren oder ggf. mittels Gefäß-Doppler leicht auffindbaren A. subclavia) gezielt (vgl. ► Abb. 16.16d, ► Abb. 16.16e). Sie ist ungefähr in der Mitte der Clavicula zu suchen (vgl. vertikale infraklavikuläre Plexusblockade, VIP (S.419)).

Merke**M!**

Bei Verwendung einer stumpfen Punktionskanüle kann die Perforation der Gefäß-Nerven-Scheide oft als Klick erfasst werden. Der Plexus wird meist in einer Tiefe von 2,5–3 (maximal 5) cm erreicht. Es wird versucht, unter Verwendung eines **Nervenstimulators** den kranial verlaufenden Truncus superior zu stimulieren, d. h., motorische Reizantworten v. a. im Bereich des Oberarmes (Kontraktionen des M. biceps brachii mit Beugung im Ellenbogengelenk) auszulösen. Auch Reizantworten im Bereich der Schulter (M. deltoideus) sollten akzeptiert werden (Übersicht bei [643]). Reizantworten im Bereich der Hand sollten nicht angestrebt werden.

Eine Stimulation des N. suprascapularis (der den M. supraspinatus und M. infraspinatus innerviert), führt zu unerwünschten Reizantworten in den dorsalen Anteilen der Schulter (Bereich des Schulterblattes) und zu einer Armrotation. Der N. suprascapularis verlässt den Truncus superior weit kranial und verläuft im Punktionsbereich meist dorsal und lateral außerhalb der Gefäß-Nerven-Scheide. Bei seiner Stimulierung ist die Stichrichtung weiter nach ventromedial zu korrigieren. Kommt es dagegen zu einer Stimulation des auf dem Bauch des M. scalenus anterior verlaufenden N. phrenicus mit Zwerchfellkontraktionen (Singultus), wurde zu weit ventral und medial punktiert, die Punktionsrichtung muss nach lateral und dorsal korrigiert werden. Bei schwierigen anatomischen Verhältnissen kann die Sonographie (s. u.) eine große Hilfe beim Aufsuchen des Plexus darstellen. Allerdings verlangt dies eine relativ große Erfahrung mit dieser Technik. Wird die Punktionsrichtung nach Meier (Punktionsrichtung nach kaudal, lateral, dorsal) korrekt durchgeführt, ist ein Pneumothorax ausgeschlossen. Da von kranial auf den Plexus zu punktiert wird, werden bei der Elektrostimulation zumeist die kranial liegenden Fasern C5/C6 bzw. des Truncus superior stimuliert und meist auch leichter blockiert. Nach Lokalisation des Plexus wird die Kanüle fixiert, und es werden – nach sorgfältiger mehrfacher Aspiration auf Blut (und Liquor) – 30–40 ml **Lokalanästhetikum** fraktioniert injiziert.

Punktion unter zusätzlicher Ultraschallkontrolle

Die Ultraschallsonde wird zuerst unmittelbar oberhalb und hinter der Clavicula aufgesetzt, wo der Plexus direkt lateral der A. subclavia gut erkennbar über die erste Rippe zieht (► Abb. 16.17a). Dann wird die Sonde langsam nach kranial gezogen und der Plexus bis kurz vor Höhe des Krikoids – stets quer zum Nervenverlauf – verfolgt. In dieser Höhe können von medial nach lateral Trachea, Schilddrüse, A. carotis communis, V. jugularis, M. scalenus anterior, Plexus brachialis (echoarmer Truncus superior, medius, inferior), M. scalenus medius sowie der über diesen Strukturen liegende M. sternocleidomastoideus identifiziert werden (► Abb. 16.17b, c). Bei der sonographischen Darstellung des interkalenären Plexus wird der Schallkopf meist etwas weiter kaudal der üblichen Punktionsstelle (=Höhe des Ringknorpels) belassen. Der dargestellte Plexusanteil (Wurzeln C5, C6, C7) befindet sich meist in einer Tiefe von nur 1–2 cm (vgl. ► Abb. 16.17c). Eine intravasale Injektion muss ausgeschlossen werden. Insbesondere ist eine Punktion der A. vertebralis zu vermeiden (die oft in ungefähre Verlängerung der

perlschnurartigen Plexuswurzeln etwas weiter in der Tiefe liegt (► Abb. 16.17b). Punktiert wird (unter zusätzlicher Nervenstimulation) oft in der Out-of-Plane-Technik (anterior-lateraler Zugang; ► Abb. 16.16f) unter Kanülenspitzenavigation (S. 366). Viele Regionalanästhesisten punktieren inzwischen vorzugsweise in In-Line-Technik (S. 368) [641]. Bei einer Blockade des interskalenären Plexus in In-Plane-Technik wird in der Regel (bei zur Gegenseite gedrehtem Kopf oder besser in Seitenlage mit Lagerung des Kopfes auf einem Kissen) von dorsal der Sonde punktiert (► Abb. 16.17d). Öfter wird allerdings darauf hingewiesen, dass bei diesem Vorgehen durch den M. scalenus medius gestochen werden muss und es hierbei zu einer Verletzung der hier verlaufenden Nn. dorsalis scapulae und thoracicus longus kommen könnte (Übersicht bei [655]). Dennoch wird die In-Line-Technik auch offiziell als Option aufgeführt [583]. Wird in In-Line-Technik nur ein Depot an Lokalanästhetikum injiziert, dann sollte idealerweise zwischen Truncus superior und Truncus medius injiziert werden. Bei der In-Line-Technik kann auch ein Katheter für die kontinuierliche Blockade (möglichst zwischen die Wurzeln C5 und C6) eingeführt (ca. 1–3 cm über die Kanülenspitze) werden [553]. Es sollte eine Kanüle mit Sprotte- oder Tuohy-Spitze (► Abb. 16.13a, ► Abb. 16.13b) und ein Pigtail-(Curl-)Katheter verwendet werden (Kap. 16.3.11; ► Abb. 16.13b). Würde eine Kanüle mit Facetten- oder Quincke-Schliff verwendet und der Katheter zu weit vorgeschoben, dann könnte er evtl. die A. jugularis interna oder die A. carotis verletzen.

Lokalanästhetika

Als Lokalanästhetikum werden bei der landmarkenorientierten Punktion unter zusätzlicher Elektrostimulation präoperativ v. a. 10–30 ml Lokalanästhetikum [583], z. B. Prilocain 1% oder Mepivacain 1% empfohlen [583]. Bei einer ultraschallkontrollierten Punktion werden offiziell nur 4–10 ml empfohlen [583]. (Auch Ropivacain 0,75%, Bupivacain 0,5% oder Levobupivacain 0,5% können ggf. verwendet werden. Aufgrund ihrer höheren Toxizität bieten sich diese lang wirksamen Lokalanästhetika jedoch v. a. bei gut liegendem Plexuskatheter für Nachinjektionen im Rahmen der postoperativen Schmerztherapie in niedriger Konzentration [z. B. 0,2–0,375% Ropivacain bzw. 0,25% Bupivacain oder 0,25% Levobupivacain] an.) Bei korrekter Kanülenlage kommt es zu einer (dreiecksförmigen) Vorwölbung im Bereich der Skalenuslücke durch Aufblähen der Gefäß-Nerven-Scheide durch das Lokalanästhetikum. Insbesondere wenn relativ niedrige Volumina (ca. 20 ml) verwendet werden, sind die kaudalen Plexusanteile (C8, Th 1; ulnare Unterarmseite) öfter nicht ausreichend blockiert (in 30–50%). Wird während der Injektion kranial der Punktionsstelle komprimiert, kann ein Abfließen des Lokalanästhetikums nach kaudal begünstigt werden. Dennoch wird öfter eine zusätzliche periphere Blockade des N. ulnaris notwendig. Bei Operationen an der Schulter müssen auch die Segmente C3 und C4 betäubt sein. Es empfiehlt sich dann, während der Injektion kaudal zu komprimieren, um ein Aufsteigen des Lokalanästhetikums zu begünstigen. Soll am Oberarm eine Manschette für eine Blutsperrung angelegt werden, bietet sich – wie beim axillären Block – eine subkutane Injektion von ca. 5 ml Lokalanästhetikum fächerförmig über der an der proximalen Oberarminnenseite zu palpierenden A. axillaris an, um auch den N. cutaneus brachii medialis und den N. intercos-

tobrachialis zu blockieren (S.409). Eine erfolgreiche Interskalenusblockade kann meist zuerst daran erkannt werden, dass der Patient den Oberarm nicht mehr abduzieren kann (Blockade des N. axillaris und des M. deltoideus).

Risiken

Der interskalenäre Plexusblock nach Winnie ist die Blockadeform des Plexus brachialis, bei der die meisten schwerwiegenden Komplikationen denkbar sind (Peridural- oder Spinalanästhesie, Rückenmarksverletzung, Punktion der A. vertebralis, Pneumothorax). Durch Anwendung der elektrostimulationsgestützten Punktionsmethode nach Meier (sowie eine evtl. zusätzliche Ultraschallkontrolle) lässt sich das Risiko ernsthafter Komplikationen zwar verringern, aber nicht vermeiden. Mögliche Nebenwirkungen oder Komplikationen können sein:

- Phrenikusparese, evtl. mit Dyspnoe (ca. 7%). Der N. phrenicus verläuft auf dem Muskelbauch des M. scalenus anterior und kann mitblockiert werden. Beim lungengesunden Patienten stellt dies kein Problem dar. Bei vorbestehender kontralateraler Phrenikusparese ist dagegen eine Kontraindikation für eine interskalenäre Blockade gegeben. Auch bei lungenkranken Patienten (z. B. COPD) ist Zurückhaltung geboten. Meist wird eine Phrenikusparese klinisch nicht erkannt. Wird aber eine Röntgenkontrolle durchgeführt, lässt sich dieses Problem in ca. 50% anhand eines Zwerchfellhochstandes nachweisen. Eine Phrenikusparese kann aufgrund des hierbei abgeschwächten Atemgeräusches einen Pneumothorax vortäuschen.
- Horner-Syndrom (mit Miosis, Ptosis, Enophthalmus) durch Blockade des zervikalen Grenzstrangs (in ca. 30%)
- Rekurrensparese durch Blockade des N. laryngeus recurrens mit Heiserkeit (in ca. 6–10%). Eine kontralaterale Rekurrensparese stellt daher eine Kontraindikation dar.
- Pneumothorax (relativ niedriges Risiko bei der Punktionsmethode nach Winnie; bei der Punktionsmethode nach Meier oder einer ultraschallkontrollierten Punktion ist dieses Risiko nicht komplett ausgeschlossen [639])
- Peridural- oder Spinalanästhesie oder Rückenmarksverletzung (bei der Punktionsmethode nach Meier oder einer ultraschallkontrollierten Punktion ist dieses Risiko nicht komplett ausgeschlossen [595])
- Punktion der A. vertebralis oder A. carotis (Bei der Blockadetechnik nach Winnie kann dies bei falscher, zu stark nach me-

dial und zu wenig nach kaudal gerichteter Punktionsrichtung auftreten. Durch sorgfältige Aspiration vor der Injektion und kaudale Punktionsrichtung ist dies bei der Technik nach Winnie auszuschließen. Bei der Punktionsmethode nach Meier ist dieses Risiko ausgeschlossen. Bereits bei Injektion weniger Milliliter in eine der Hirnarterien kann ein zerebraler Krampfanfall ausgelöst werden.

- Plexusschädigung: Die Inzidenz passagerer neurologischer Schädigungen wurde mit ca. 2,8 pro 100 angegeben [569]. Auch bei Mittelung der Inzidenzen aus mehreren Studien konnte eine ähnliche Häufigkeit von 2,73% errechnet werden [647]. Die Inzidenz neurologischer Störungen ist damit höher als beim axillären Plexus (1,4%), bei einer N.-femoralis-Blockade (0,13%) oder einer Ischiadikusblockade (0,09%) [647]. Eine postoperativ festgestellte Läsion des Plexus brachialis muss jedoch nicht zwangsläufig punktionsbedingt sein, ggf. ist – z. B. nach Schulteroperationen – auch eine operationsbedingte Plexusschädigung zu diskutieren ([594]; [562]).
- Bronchospasmus durch Blockade der thorakozervikalen sympathischen Ganglien. Hierdurch soll sehr selten u. U. ein Asthma-bronchiale-Anfall ausgelöst werden können. Ein Asthma bronchiale und eine COPD werden daher manchmal als Kontraindikationen für eine interskalenäre Plexusblockade angegeben.
- Hörverlust: Beeinträchtigung des Hörvermögens durch eine Sympathikolyse (selten)
- Nach Aufsetzen des narkotisierten Patienten in die halb sitzende Position („beach chair position“) für die Schulter-Operation kann es zu einem therapiebedürftigen Blutdruck- und Herzfrequenzabfall (S. 1436) kommen.

Wesentliche Informationen zur interskalenären Plexusblockade sind in ► Tab. 16.8 zusammengefasst.

Kontinuierliche interskalenäre Blockade

Insbesondere bei Schulteroperationen bietet sich oft auch die Anlage eines interskalenären Plexuskatheters an. Damit lässt sich durch wiederholte Nachinjektionen eine gute, lang anhaltende postoperative Schmerzlinderung erzielen. Die Patientenakzeptanz wurde als sehr hoch beschrieben (97%; [642]). Zur Durchführung einer Kathetertechnik soll, zusätzlich zu sterilen Handschuhen, Mundschutz und Kopfhaube, ein steriler Kittel angelegt werden (Kap. 16.3.3). Als Katheterset kommen – je

Tab. 16.8 Kurzinformation interskalenäre Plexusblockade.

Kriterium	Details
Charakteristika	technisch relativ einfach; bei der nur noch sehr selten durchgeführten Punktionsmethode nach Winnie sind Komplikationen möglich; bei der inzwischen favorisierten (elektrostimulationsgestützten) Punktionsmethode nach Meier sind ernste punktionsbedingte Komplikationen weitgehend ausgeschlossen. Inzwischen erfolgt zumeist eine ultraschallkontrollierte Punktion in Out-of-Plane- oder In-Line-Technik
Einsatz	Eingriffe an Schulter, lateraler Clavicula und proximalem Oberarm (z. B. Schulterluxation); bei Eingriffen an Unterarm und Hand ist evtl. eine zusätzliche Blockade des N. ulnaris notwendig
Kontraindikationen	<ul style="list-style-type: none"> • allgemeine Kontraindikationen für Regionalanästhesieverfahren (► Tab. 16.1) • kontralaterale Phrenikusparese/Rekurrensparese
Risiken	insbesondere Phrenikusparese und Horner-Syndrom
Medikamente	<ul style="list-style-type: none"> • für Operation: vorzugsweise Prilocain 1% (landmarkenorientierte Punktion 10–30 ml, ultraschallkontrollierte Punktion 4–10 ml beim Erwachsenen) • für postoperative Schmerztherapie: vorzugsweise Ropivacain 0,2% (bis 30 ml Boli oder ca. 6 ml/h beim Erwachsenen)
Empfehlungen	mindestens Nervenstimulator; möglichst zusätzlich Ultraschallgerät

nach Punktionstechnik (s. u.) – z. B. Contiplex A Set (Fa. B. Braun Melsungen) oder eine Sprotte-Spezial-Kanüle nach Meier mit seitlicher Öffnung (Fa. Pajunk, Geisingen) zum Einsatz (vgl. ► Abb. 16.13a). Zur Lokalisation des Plexus wird zumindest die Verwendung eines Nervenstimulators empfohlen. Zusätzlich sollte möglichst noch eine Ultraschallkontrolle vorgenommen werden. Zur Katheteranlage unter alleiniger Nervenstimulation ist die modifizierte Punktionstechnik nach Meier gut geeignet ([642]; [643]). Wird eine ultraschallkontrollierte Punktion (S. 417) und Kathetereinlage in Out-of-Plane-Technik durchgeführt, dann ist genauso zu punktieren wie bei der Single-Shot-Technik. Es ist hierbei eine Kanüle mit Facetten- oder Quincke-Schliff zu verwenden, sodass der Katheter gut entlang der Trunci vorgeschoben werden kann (► Abb. 15.4a, ► Abb. 15.4b). Bei ultraschallkontrollierter Kathetereinlage (S. 417) kann auch in In-Line-Technik punktiert werden, wie bei der Single-Shot-Technik beschrieben. Hierbei sollte eine Sprotte-Spezial-Kanüle nach Meier oder eine Kanüle mit Tuohy-Spitze mit jeweils seitlicher Öffnung verwendet werden und zum Verschieben des Katheters sollte die Kanülenöffnung nach kranial oder kaudal zeigen, sodass der Katheter (entlang der Trunci) gut vorgeschoben werden kann (► Abb. 16.13a und ► Abb. 16.14b Mitte und rechts). Der Katheter sollte nur ca. 1–3 cm über das Kanülenende hinaus vorgeschoben werden. Zum initialen Austesten des Katheters eignet sich eine Dosis (S. 417), wie sie für die intraoperative Blockade empfohlen wird, d. h., v. a. Prilocain 1 % oder Mepivacain 1 %, ca. 10–30 ml bei elektrostimulationsgestützter Punktion. (Es können auch bis 30 ml Ropivacain 0,75 %, Bupivacain 0,5 % oder Levobupivacain 0,5 % verwendet werden. Durch die hierbei auftretende motorische Blockade kann leicht überprüft werden, ob die Blockade gut sitzt. In ca. 94 % der Fälle kann unter dieser alleinigen Blockadeform auch die Operation durchgeführt werden [642]. Aufgrund ihrer

höheren Toxizität bieten sich diese lang wirksamen Lokalanästhetika jedoch v. a. bei gut liegendem Plexuskatheter für Nachinjektionen im Rahmen der postoperativen Schmerztherapie in niedriger Konzentration an).

Für die postoperative Fortführung der Regionalanalgesie können Bolusapplikationen (z. B. à 10–30 ml Ropivacain 0,2–0,375 % oder Bupivacain 0,25 % oder Levobupivacain 0,25 %) erfolgen. Für eine kontinuierliche Gabe werden offiziell 4–6 ml/h Lokalanästhetikum empfohlen [583]. Nach einer älteren Studie reichen meist ca. 6 ml/h Ropivacain 0,2 % oder Bupivacain 0,25 % oder Levobupivacain 0,125 % oder 0,2 % aus [576]. Die maximale Infusionsdosierung von Ropivacain beträgt 37,5 mg/h (= 18,75 ml/h 0,2 % oder 10 ml/h 0,375 %), von Bupivacain 30 mg/h (= 12 ml/h 0,25 %) oder von Levobupivacain 18,75 mg/h (= 7,5 ml/h 0,25 % oder 15 ml/h 0,125 %).

Für interskalenäre Plexuskatheter wurde eine Dislokationsrate von 3,5 % und eine Inzidenz leichter bzw. mittelschwerer und schwerer Infektionen (Kriterien vgl. Kap. 16.3.3) von 5,3 bzw. 2,4 und 1 % ermittelt [652].

Infraklavikuläre Blockaden des Plexus brachialis

Es sind eine Vielzahl von infraklavikulären Punktionstechniken zur Blockade des Plexus brachialis beschrieben worden. Bewährt haben sich v. a. die landmarkenorientierte und zusätzlich elektrostimulationsgestützte vertikale infraklavikuläre Blockade (VIB), die ultraschallkontrollierte infraklavikuläre Blockade in Out-of-Plane-Technik oder in In-Line-Technik sowie eine ultraschallgeschützte laterale infraklavikuläre sagittale Blockade (LISB) in In-Line-Technik.

Detailwissen

Infraklavikuläre Blockadetechniken

Vertikale infraklavikuläre Blockade

Im Jahr 1995 wurde erstmals die vertikale infraklavikuläre Blockade (VIB) des Plexus brachialis beschrieben (auch als VIP, vertikale infraklavikuläre Plexusblockade bezeichnet) und als Alternative zu der zumeist durchgeführten axillären Blockade dargestellt ([622]; [572]). Das Indikationsspektrum der vertikalen infraklavikulären Blockade des Plexus brachialis ist weitgehend identisch mit dem der axillären Plexusblockade, d. h., Operationen an distalem Oberarm, Ellenbogengelenk, Unterarm und Hand können Indikationen für eine VIP sein. Die VIB ist v. a. dann der risikoärmeren axillären Plexusblockade vorzuziehen, wenn eine Armauslagerung verletzungsbedingt zu schmerzhaft ist oder wegen Schultersteife nicht möglich ist bzw. wenn aufgrund von Voroperationen (z. B. Brustoperation mit Ausräumung der axillären Lymphknoten) eine axilläre Plexusblockade nicht möglich ist. Die elektrostimulationsgestützte infraklavikuläre Blockade des Plexus brachialis fand vor Einführung der ultraschallgestützten Punktionstechniken häufig Anwendung.

Im Bereich der infraklavikulären Punktionsstelle liegen die Faszikel des Plexus brachialis sehr dicht beieinander. Medial neben dem Plexus verläuft die A. subclavia und noch weiter medial ne-

ben der A. subclavia die V. subclavia. Der Patient wird in Rückenlage gelagert und der Anästhesist sollte vorzugsweise am Kopfende des Patienten stehen. Die Hand der zu blockierenden Seite wird möglichst auf dem Bauch gelagert, um evtl. motorische Reizantworten beim Aufsuchen des Plexus brachialis mittels Nervenstimulator gut erkennen zu können.

Der **Punktionsort** befindet sich bei dieser **landmarkenorientierten und zusätzlich elektrostimulationsgestützten Technik** laut Originalarbeit genau in der Mitte zwischen Fossa jugularis (Jugulum sternae) und dem ventralen Anteil des Akromions (► Abb. 16.18). Beträgt der Abstand zwischen Fossa jugularis und Akromion < 20 cm, dann soll – entsprechend einer später publizierten Empfehlung [651] – pro Zentimeter < 20 cm um jeweils 0,3 cm weiter lateral der ausgemessenen Mitte punktiert werden. Bei einem Jugulum-Akromion-Abstand von z. B. 17 cm soll also nicht 8,5 cm, sondern bei $8,5 \text{ cm} + 3 \times 0,3 \text{ cm} = 9,4 \text{ cm}$ lateral des Jugulums punktiert werden. Das Aufsuchen des ventralen Anteils des Akromions kann u. U. schwierig sein. Das Akromion darf nicht mit dem medial gelegenen Processus coracoideus oder dem lateral davon gelegenen Humeruskopf (der sich bei Armbewegungen unter dem tastenden Finger bewegt) verwechselt werden (► Abb. 16.18). Gegebenenfalls ist die Crista scapulae des Schulterblattes zu tasten und bis über die Schulter nach vorne zu ver-

folgen. Sie endet ventral im Akromion, das eine Art Überdachung des Schultergelenks darstellt. Nach entsprechender Desinfektion der Punktionsstelle (Kap. 16.3.3) wird unmittelbar unterhalb der Clavicula punktiert. Da in diesem Bereich die Gefäß-Nerven-Scheide weniger derb ist, kann bei dieser Blockadeform kein plötzlicher Widerstandsverlust erwartet werden, so wie es z. B. für die axilläre Blockade beim Durchstechen der Gefäß-Nerven-Scheide typisch ist. Es ist auf eine streng nach dorsal gerichtete Kanülenführung zu achten. Wird zu weit medial oder in medialer Stichrichtung punktiert, besteht die erhöhte Gefahr einer versehentlichen Pleurapunktion. Medial des Punktionsortes verlaufen die A. subclavia und V. subclavia, die daher bei zu medialer Punktion evtl. getroffen werden können (► Abb. 16.18e). Der Plexus ist an der Punktionsstelle relativ dicht gebündelt und befindet sich zumeist in ca. 3 cm Tiefe (tiefer als ca. 5–6 cm sollte nie punktiert werden).

Merke**M!**

Bei der VIP-Stimulation sollten motorische Reizantworten im Bereich der Finger angestrebt werden. Kommt es nur zu einer Kontraktion des M. biceps, dann sollte nicht injiziert werden, da hierbei eine inkomplette Blockade zu erwarten ist.

Die Kanüle sollte dann anschließend bis knapp unter die Haut zurückgezogen werden und es sollte danach erneut ca. 0,5–1 cm weiter lateral (senkrecht zur Unterlage) punktiert werden. Auch Kontraktionen im Bereich des M. pectoralis sind nicht erwünscht und als Hinweis auf eine zu weit mediale Punktion zu werten. Nach Auffinden des Plexus empfiehlt sich die Injektion von ca. 40 ml Lokalanästhetikum (vorzugsweise Prilocain 1 %).

Im Durchschnitt ist bereits 13,5 Minuten nach Injektion mit einer chirurgischen Toleranz zu rechnen [622]. Dies ist deutlich schneller als bei einer elektrostimulationsgestützten axillären Plexusblockade, bei der meist ca. (20–)30 Minuten Latenz zwischen Injektion und chirurgischer Toleranz notwendig sind. Bei Durchführung einer Operation in Blutleere wird das Tourniquet normalerweise gut toleriert, während dies bei einer axillären Plexusblockade in fast 10 % ein Problem darstellt.

Gegebenenfalls kann im Bereich des Oberarms direkt über der A. axillaris durch eine subkutane Infiltration noch der N. intercostobrachialis (S. 409) blockiert werden, der die Oberarminnenseite im Bereich einer evtl. anzulegenden Manschette mitversorgt. Der bei einer axillären Plexusblockade häufig unzureichend blockierte N. musculocutaneus wird bei der VIB-Technik miterfasst. Ferner entfällt die bei der axillären Blockade notwendige Abduktion des Arms, die bei manchen Hand- und/oder Armverletzungen nur unzureichend möglich oder evtl. schmerzhaft ist.

Erfolgsrate:

Die Erfolgsquote wurde mit ca. 90 %, die Versagerquote mit ca. 5 % und die Anzahl der Blockaden, bei denen eine Zusatzmedikation notwendig wurde, ebenfalls mit ca. 5 % angegeben [622]. Diese hohe Erfolgsquote wurde inzwischen in anderen Studien bestätigt [649].

Gefäßpunktion:

Bei ca. 10–30 % der Punktionen muss mit einer (normalerweise folgenlosen) Gefäßpunktion gerechnet werden. Zumeist wird

hierbei nicht die A. subclavia, sondern die den Punktionsbereich überquerende V. cephalica punktiert. Eine solche Gefäßpunktion ist Hinweis auf eine zu mediale Punktion.

Horner-Syndrom:

In ca. 7 % der Fälle muss mit einem passageren Horner-Syndrom gerechnet werden [622].

Phrenikusparese:

Im Vergleich zu einer interskalären Blockade ist das Risiko einer Phrenikusparese deutlich geringer. Da eine Phrenikusblockade aber denkbar ist, sollte eine kontralaterale Phrenikusparese als Kontraindikation für einen VIB darstellen.

Rekurrensparese:

Eine Rekurrensparese ist beim VIB denkbar, sodass eine kontralaterale Rekurrensparese als Kontraindikation für einen VIB gilt. Auch ausgeprägte Lungenprobleme sowie anatomische Besonderheiten (z. B. eine disloziert verheilte Claviculafraktur) sollten als Kontraindikationen angesehen werden.

Pneumothorax:

Der VIB wird zwar als relativ sicheres Verfahren bezüglich eines Pneumothorax beschrieben [650], dennoch ist selten (in 0,2–0,7 %) auch ein Pneumothorax möglich. Wird bei einem Jugulum-Akromion-Abstand von <20 cm etwas lateral der Mitte (S. 419) punktiert, dann soll dadurch das Risiko eines Pneumothorax vermindert werden können. Über das Risiko eines Pneumothorax ist aufzuklären. Aufgrund des prinzipiell bestehenden Pneumothoraxrisikos sollte dieses Verfahren möglichst nicht bei ambulant durchgeführten Operationen vorgenommen werden.

Infektionen:

Für kontinuierliche VIB-Katheter wurde die Inzidenz leichter, mittelschwerer oder schwerer Infektionen (Kriterien vgl. Kap. 16.3.3) mit 8,3, 0,8 oder 0 % ermittelt [652].

Sonstiges:

Befindet sich bei dem Patienten auf der entsprechenden Seite infraklavikulär ein implantierter Port oder ein Schrittmacherapparat, dann verbietet sich diese Blockadetechnik.

Kontinuierlicher VIB

Falls bei der elektrostimulationsgestützten Punktion eine spezielle Kanüle mit seitlicher Öffnung (Sprote-Spezial-Spitze nach Meier oder Tuohy-Spitze; vgl. ► Abb. 16.13a, ► Abb. 16.13b) verwendet wird, kann – obwohl relativ senkrecht auf den Plexus zu punktiert wird – ggf. ein Katheter gut eingelegt werden. Zur Durchführung einer Katheter-Technik soll, zusätzlich zu sterilen Handschuhen, Mundschutz und Kopfhaut, ein steriler Kittel angelegt werden (Kap. 16.3.3). Neben Bolusapplikationen kann über den VIB-Katheter auch eine kontinuierliche Gabe von z. B. 4–6 ml/h Ropivacain 0,2–0,375 % (max. 37,5 mg/h) verabreicht werden.

Beim **ultraschallgesteuerten infraklavikulären Block** wird der Schallkopf ungefähr in der Mitte unter der Clavicula aufgesetzt und dann das mediale Schallkopfende etwas nach kaudal gedreht, sodass die V. und A. subclavia (und der Plexus) in kurzer Achse (quer) dargestellt sind. Nun kann in Walk-Down-Technik,

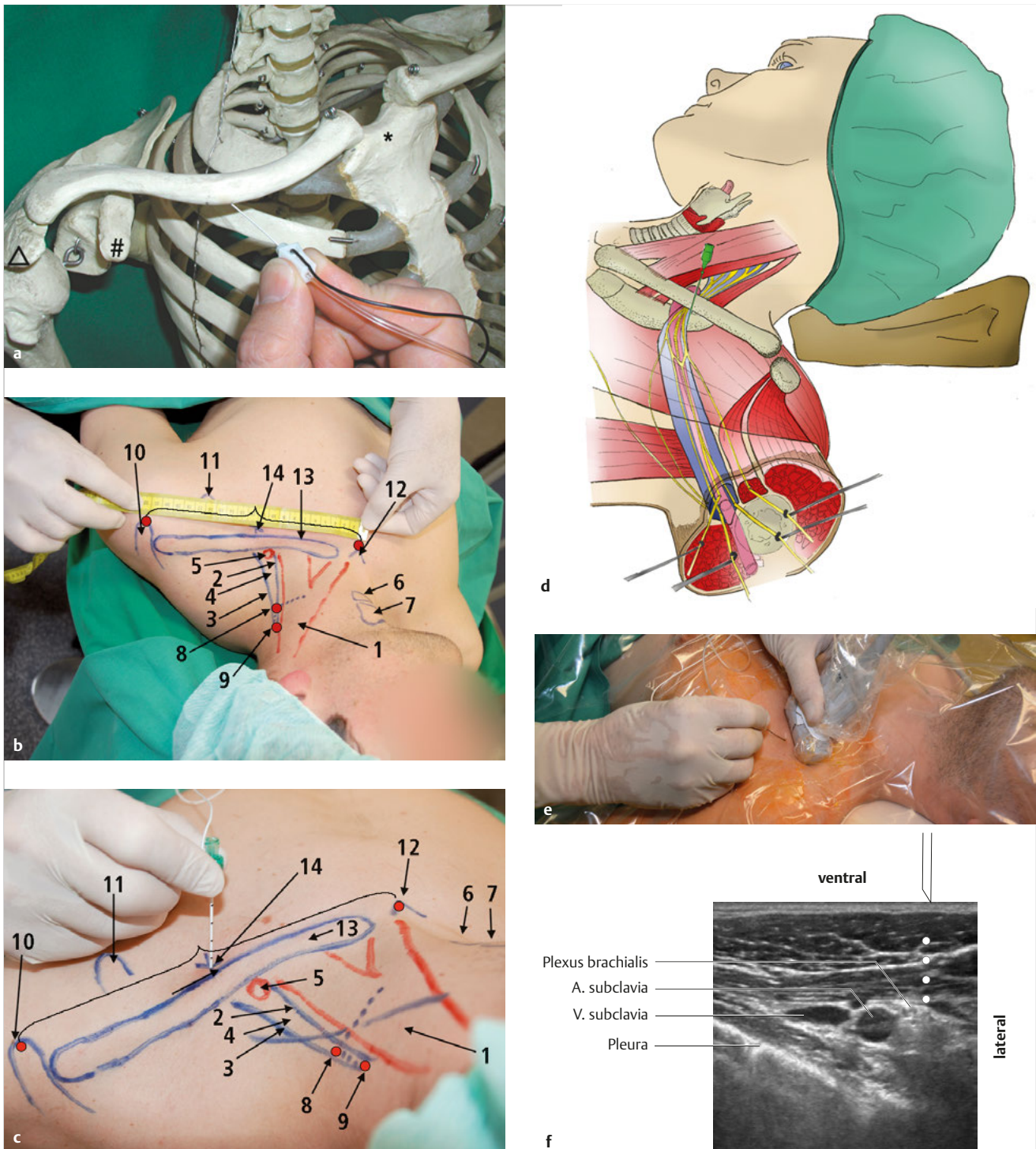


Abb. 16.18 (Vertikale) infraclavikuläre Blockade: a–d elektrostimulationsgestützt, e–f ultraschallkontrolliert.

- a Punktionsort beim elektrostimulationsgestützten vertikalen infraclavikulären Block auf halber Strecke zwischen Jugulum sternae (*) und ventralem Akromion (Δ); (# = Processus coracoideus).
- b Ausmessen der Punktionsstelle; 1 = M. sternocleidomastoideus, 2 = M. scalenus anterior, 3 = M. scalenus medius, 4 = Skalenuslücke, 5 = A. subclavia, 6 = Ringknorpel, 7 = Schildknorpel, 8 = Punktionsort bei der interskalenären Plexusblockade nach Winnie (vgl. ► Abb. 16.16c, ► Abb. 16.16e), 9 = Punktionsort bei der interskalenären Plexusblockade nach Meier (vgl. ► Abb. 16.16d, ► Abb. 16.16e), 10 = ventraler Anteil des Akromions, 11 = Processus coracoideus, 12 = Fossa jugularis (= Jugulum), 13 = Clavicula, 14 = Punktionsort für die vertikale infraclavikuläre Plexusblockade in der Mitte zwischen Jugulum und ventralem Anteil des Akromions.
- c Streng vertikale Punktion knapp kaudal der Clavicula (Beschriftung 1–14 vgl. ► Abb. 16.18b).
- d Anatomie (schematisch) und platzierte VIB-Kanüle.
- e Schallkopfhaltung und Punktionstechnik beim ultraschallkontrollierten infraclavikulären Block, Out-of-Plane-Punktion (Walk-Down-Technik).
- f Zugehöriges Ultraschallbild.

Out-of-Plane-Technik mit Kanülenspitzenavigation (S. 366) von lateral-kaudal aus (► Abb. 16.18e) vorsichtig punktiert werden. Gezielt wird jeweils auf den lateralen Plexusbereich (► Abb. 16.18f). Dort wird auch das Lokalanästhetikum (ca. 30–40 ml) deponiert. Stets ist auf eine mögliche Pleuraverletzung zu achten.

Als wesentliche Komplikation ist v. a. eine Gefäßpunktion (insbesondere der V. cephalica) zu nennen. Im Prinzip bestehen aber vergleichbare Risiken wie bei der vertikalen infraklavikulären Blockade des Plexus brachialis – VIB (S. 419). Das Risiko eines Pneumothorax ist geringer als beim VIB.

Ultraschallgestützter lateraler infraklavikulärer sagittaler Block (LISB)

Die Indikationen entsprechen denen des VIBs oder axillären Blocks (Maßnahmen an distalem Oberarm, Ellenbogen, Unterarm, Hand). Der Kopf des Patienten wird zur kontralateralen Seite gedreht, der Arm wird im Schultergelenk um ca. 90° abduziert (!) und der im Ellenbogengelenk rechtwinklig gebeugte Unterarm wird nach kranial gelagert (vergleichbar wie bei der axillären Blockade (S. 404); ► Abb. 16.9c–f). Der Ultraschallkopf wird fest in die etwas mediokaudal des Processus coracoideus befindliche Grube zwischen M. pectoralis und M. deltoideus (Fossa infraclavicularis; Mohrenheim-Grube) platziert (► Abb. 16.19a). Es wird also (im Unterschied zum VIP [s. o.]) nicht unterhalb der Mitte der Clavicula, sondern so weit wie möglich lateral in der infraklavikulären Region punktiert. Dadurch kann die Gefahr eines Pneumothorax minimiert (eliminiert) werden. Die Ultraschallsonde wird in einer Parasagittallinie (mit dem Marker nach kaudal) fest in diese Grube eingedrückt. Punktiert wird etwas kranial des Ultraschallkopfes (und knapp unterhalb der Clavicula) in In-Line-Technik (ca. 45° nach kaudal/dorsal) unter zusätzlicher Nervenstimulation. Zielstrukturen sind die Fasciculi medialis, lateralis und posterior, die – entsprechend ihres Namens – medial, lateral oder posterior der Arterie liegen [583]. In ► Abb. 16.19b ist die entsprechende Anatomie im Bereich der Mohrenheim-Grube dargestellt. Die A. axillaris verläuft stets kranial, die V. axillaris stets kaudal. Primär wird streng parasagittal (ca. 45° nach kaudal/dorsal) in Richtung Fasciculus posterior (ca. 18 Uhr in Bezug zur A. subclavia) punktiert (vgl. ► Abb. 16.19b). Dort wird – nach entsprechender motorischer Reizantwort (bei ca. 0,5 mA) – das Lokalanästhetikum hinter (dorsal) die Arterie injiziert. Breitet sich das Lokalanästhetikum um die Arterie herum aus, dann genügt eine Injektion am Fasciculus posterior. Öfter wird – falls sich das Lokalanästhetikum nicht um die A. subclavia ausbreitet – auch noch eine Injektion oberhalb (ventral) der Arterie (zur Umspülung des Fasciculus lateralis und medialis) empfohlen. In Summe werden meist ca. 30–40 ml Lokalanästhetikum verwendet. Die Nerven selbst lassen sich meist nicht/kaum direkt darstellen.

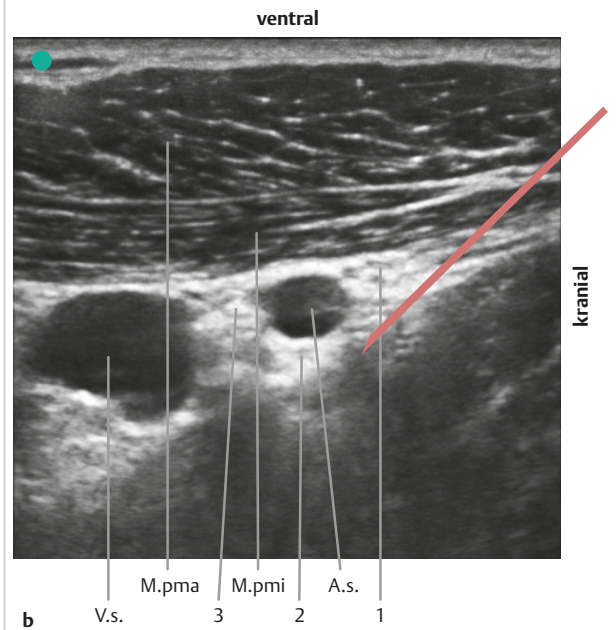


Abb. 16.19 Ultraschallgestützte laterale infraklavikuläre sagittale Blockade (LISB).

- a** Lagerung, Schallkopfpositionierung und Punktionsrichtung bei der ultraschallgestützten lateralen infraklavikulären sagittalen Blockade (LISB).
- b** Ultraschallbild/Anatomie der infraklavikulären Region im Bereich der Mohrenheim-Grube 1 = Fasciculus lateralis (bei ca. 15 Uhr bezogen auf die A. subclavia); 2 = Fasciculus posterior (bei ca. 18 Uhr); 3 = Fasciculus medialis (bei ca. 21 Uhr). A.s. = A. subclavia; V.s. = V. subclavia; M.p.ma = M. pectoralis major; M.p.mi = M. pectoralis minor.

16.3.14 Blockaden einzelner Nerven der oberen Extremitäten

Allgemeine Bemerkungen

An der oberen Extremität wird zumeist der gesamte Plexus brachialis blockiert. Die periphere Blockade eines einzelnen Nervs dient dagegen meist der Vervollständigung einer inkompletten Plexusanästhesie (Kap. 16.3.12). Manchmal wird sie auch durchgeführt, falls lediglich ein kleines Areal blockiert werden muss. Da periphere Nerven oft sehr oberflächlich auf Knochen oder Faszien verlaufen, scheint ihre Verletzungsgefahr durch die Punktionskanüle größer, denn sie sind stärker fixiert und können einer Kanüle weniger ausweichen. Bei peripheren Blockaden wird oft keine elektrische Nervenstimulation vorgenommen, da es sich häufig um rein sensible Nervenendäste handelt. In diesem Fall sind keine motorischen Reizantworten auslösbar.

Außerdem ist der Blockadeerfolg bei peripheren Blockaden von motorischen Nerven auch ohne Stimulator relativ hoch.

Durch Blockaden im Handgelenkbereich (Handblock) kann die Sensibilität der Hand aufgehoben werden. Auch durch Blockaden im Ellenbogenbereich kann lediglich die Sensibilität der Hand ausgeschaltet werden, nicht jedoch die Sensibilität des Unterarms, denn die den Unterarm versorgenden Nervenäste verlassen die großen Nervenbündel bereits im Oberarmbereich.

Medikamente für eine Nervenblockade:

- Prilocain 0,5–1 %
- Mepivacain 0,5–1 %
- (Lidocain 0,5–1 %)
- Ropivacain 0,2–0,75 %
- Bupivacain 0,25–0,5 %
- Levobupivacain 0,25–0,5 %

||

Detailwissen

Nervenblockaden am Arm

Blockade des N. radialis am Oberarm

Der aus der Axilla kommende N. radialis verläuft zuerst im Bereich der Oberarminnenseite, wendet sich dann in der Mitte des Humerus um dessen Dorsalseite zur radialen Seite des distalen Oberarmes und tritt dann radialeseitig in die Ellenbeuge. Im Bereich des distalen Oberarms verläuft der N. radialis auf der lateralen Humerusseite. Etwa 4–5 cm oberhalb des Epicondylus lateralis des Humerus kann er dort blockiert werden. Inwischen wird zumeist eine ultraschallkontrollierte Punktion an dieser Stelle (in In-Line-Technik oder in Out-of-Plane-Technik) durchgeführt (► Abb. 16.20). Es reichen hierbei 2–3 ml Lokalanästhetikum aus.

Der N. radialis kann auch in der Mitte der Oberarminnenseite von medial (mitthumeraler Block) vorzugsweise unter Ultraschallkontrolle mit 2(–5) ml Lokalanästhetikum punktiert werden (► Abb. 16.21a, ► Abb. 16.21b). Er liegt dem Humerus direkt an und wird an dieser Stelle stets von der A. profunda humeri begleitet.

Blockade des N. medianus in der Ellenbeuge

Zur Punktion muss das Ellenbogengelenk weitgehend gestreckt und die Handfläche nach oben gedreht (supiniert) werden. Auf einer in der Ellenbeuge gedachten Verbindungslinie zwischen Epicondylus humeri medialis und lateralis liegt der N. medianus direkt medial der dort zu tastenden A. brachialis. Die A. brachialis ist medial der Bizepssehne zu tasten.

Inzwischen wird der N. medianus in der Ellenbeuge zumeist ultraschallkontrolliert (vorzugsweise in In-Line-Technik, evtl. in Out-of-Plane-Technik) blockiert (► Abb. 16.21c, ► Abb. 16.21d). Zur Blockade reichen 2–3 ml Lokalanästhetikum aus.

Blockade des N. ulnaris am Unterarm

Inzwischen wird die ultraschallkontrollierte Blockade des N. ulnaris meist im Bereich des Unterarms durchgeführt. Nachdem die A. ulnaris mit dem ulnar direkt anliegenden N. ulnaris im Bereich des Handgelenks aufgesucht wurden, werden diese Strukturen nach proximal so weit verfolgt, bis die A. ulnaris in die Tiefe abtaucht, der N. ulnaris aber oberflächlich verbleibt. An einer besonders

gut darstellbaren Stelle wird er nun in In-Line-Technik mit 2–3 ml Lokalanästhetikum blockiert.

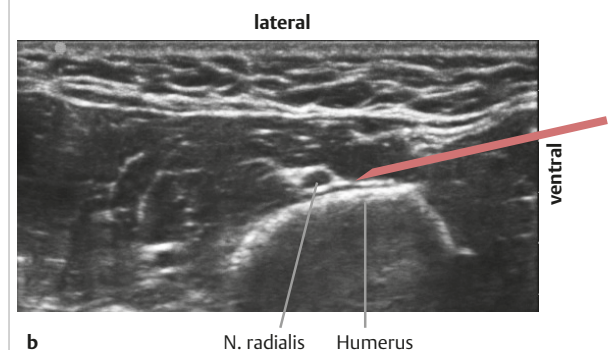


Abb. 16.20 Ultraschallkontrollierte Blockade des N. radialis.

a Blockade im Bereich der distalen Oberarmaußenseite in In-Line-Technik.

b Zugehöriges Ultraschallbild.

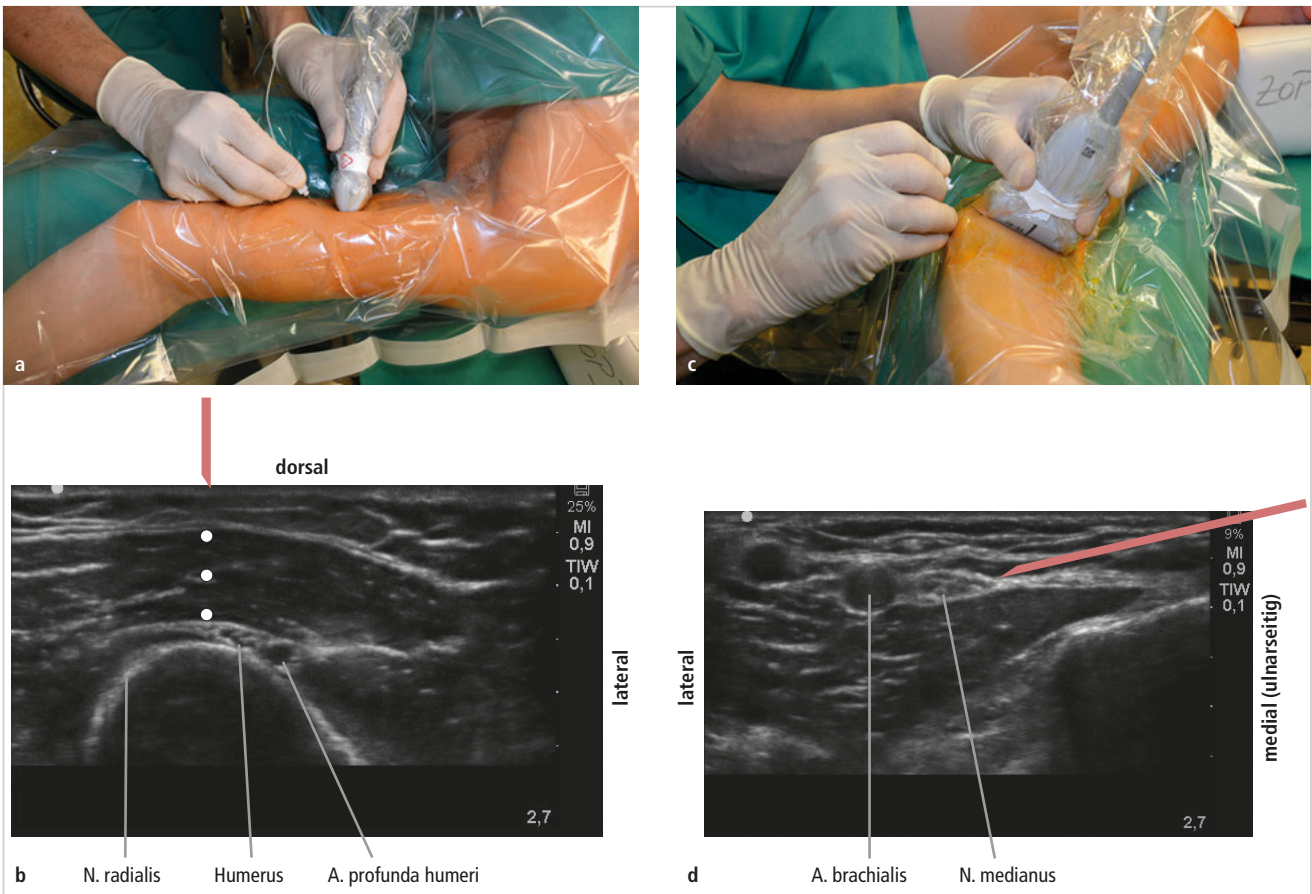


Abb. 16.21 Ultraschallkontrollierte Blockade des N. radialis.

- a Mitthumerale Blockade des N. radialis, Out-of-Plane-Punktion (Walk-Down-Technik) (N = N. radialis, A = A. profunda humeri). Nach außen rotierter Arm und damit Punktion von dorsal.
- b Zugehöriges Ultraschallbild.
- c Ultraschallkontrollierte Blockade des N. medianus in der medialen Ellenbeuge in In-Line-Technik.
- d Zugehöriges Ultraschallbild mit A. brachialis und medial anliegendem N. medianus.

16.3.15 Rückenmarksnahe Regionalanästhesie

Allgemeine Bemerkungen

Da in der Vergangenheit mehrfach Fehlkonnektionen auftraten (z.B. auch über einen Periduralkatheter versehentlich [neurotoxische] Medikamente intrathekal verabreicht wurden, die eigentlich für eine intravenöse Injektion vorgesehen waren), sollen die bisherigen Standardverbindungen im kleinumigen Bereich (Luer-Slip-[=Steck-]Verbindungen und Luer-Lock-[=Schraub-]Verbindungen) weltweit durch neue, bereichsspezifische Konnektionen ersetzt werden. Die ISO 80369-6 regelt die Konnektionen für den neuroaxialen Bereich, also Konnektionen für Spinal-/Periduralkanülen und entsprechende Katheter. Dadurch können intravasal vorgesehene Injektionen/Infusionen nicht mehr versehentlich über z.B. einen Periduralkatheter verabreicht werden. Konnektionen für intravasale Injektionen sind dann nicht mehr kompatibel mit neuroaxialen Konnektionen. Diese Umstellung soll laut offizieller Empfehlung nicht langsam, sondern für einen kompletten Anwendungsbereich (z.B. neuroaxialer Bereich) an einem vorbestimmten Stichtag „auf einmal“ erfolgen (Übersicht bei [671]). Die Kanülen bleiben gleich,

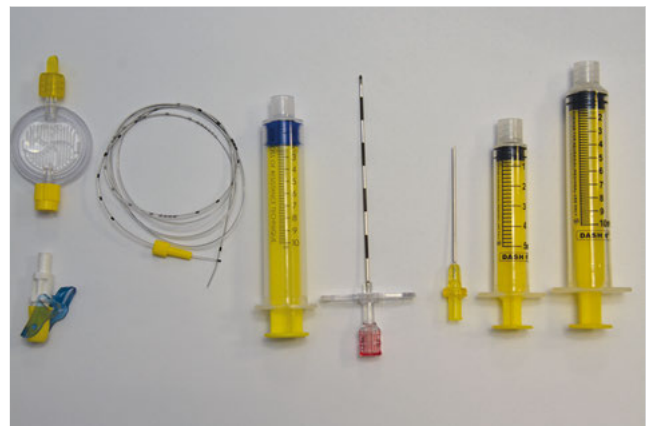


Abb. 16.22 PDA-Materialien. Neue Materialien für neuroaxiale Verfahren (Fa. Pajunk; PDA-Materialien), die die ISO-Norm 80369-6 erfüllen, d. h., es ist keine Fehlkonnektion mehr mit Materialien für eine intravasale Injektion/Infusion möglich. Die neuroaxiale Kennfarbe ist gelb.

was sich ändert, sind die Konnektoren. Die Kennfarbe für neuroaxiale Anwendungen ist gelb (vgl. ► Abb. 16.22).

Zu den rückenmarksnahen Regionalanästhesieverfahren gehören:

- Spinalanästhesie
- Periduralanästhesie
- Kaudalanästhesie (S. 1176)

Voraussetzung für die korrekte Durchführung einer rückenmarksnahen Regionalanästhesie sind entsprechende anatomische und physiologische Kenntnisse.

Grundlagenwissen

Anatomie von Wirbelsäule und Rückenmark

Die Wirbelsäule besteht aus 7 zervikalen Wirbeln, 12 Brustwirbeln und 5 Lendenwirbeln (► Abb. 16.23). Kaudal schließen sich das Os sacrum und das Os coccygis an.

Jeder **Wirbel** besteht aus einem Wirbelkörper, einem Wirbelbogen, den lateralen Processus transversi sowie einem Processus spinosus (► Abb. 16.24). Im lumbalen und im unteren thorakalen Bereich verlaufen die Dornfortsätze nahezu horizontal. Im mittleren thorakalen Bereich sind die Dornfortsätze stark (40–70°) nach kaudal geneigt, mit einem Maximum zwischen Th4–Th9. Im zervikalen Bereich sind die Dornfortsätze jedoch wieder nahezu horizontal.

Die paarigen **Spinalnerven** verlassen den Spinalkanal jeweils nach lateral durch die Foramina intervertebralia. Jedem Spinalnerv kann ein von ihm versorgtes Hautareal (Dermatom) zugeordnet werden (► Abb. 16.25). Die Spinalnerven C1–C7 ziehen jeweils oberhalb, C8 und die restlichen Spinalnerven jeweils unterhalb des entsprechenden Wirbelkörpers durch das Foramen intervertebrale nach lateral.

Der Spinalkanal enthält das Rückenmark sowie seine Hüllen (Pia mater, Arachnoidea, Dura mater). Die Pia mater liegt dem Rückenmark und den abgehenden Spinalnerven direkt auf. Sie bildet auch das Filum terminale, einen fadenförmigen Strang, der vom kaudalen Ende des Rückenmarks bis zum Os coccygis zieht. Der das Rückenmark umgebende Liquor befindet sich im sog. Subarachnoidalraum, der einerseits von der Pia mater, andererseits von der Arachnoidea begrenzt wird. Pia mater und Arachnoidea sind mit einem zarten Geflecht aus Bindegewebsfasern, die den Liquorraum durchspannen, verbunden. Durch den Subarachnoidalraum ziehen auch die das Rückenmark versorgenden Blutgefäße. Die Arachnoidea liegt direkt der Dura mater an.

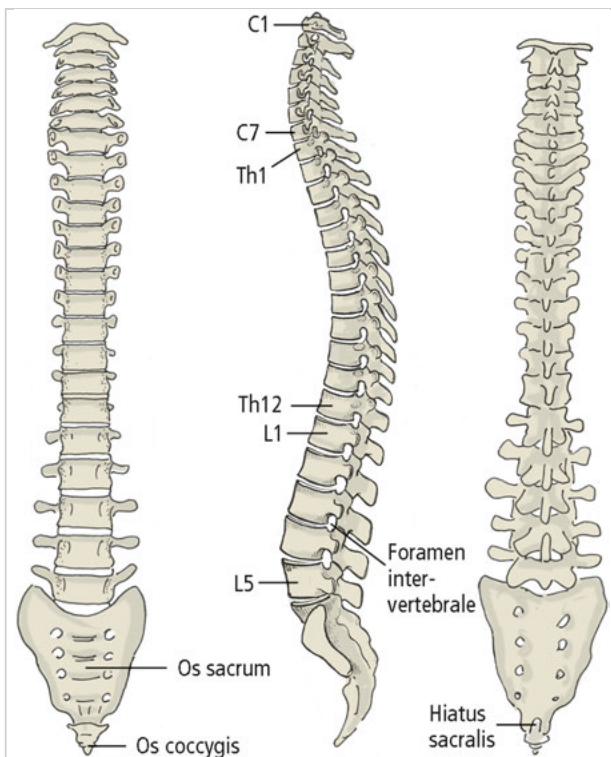


Abb. 16.23 Anatomie der knöchernen Wirbelsäule. Frontalansicht (links), Lateralansicht (Mitte) und Dorsalansicht (rechts).

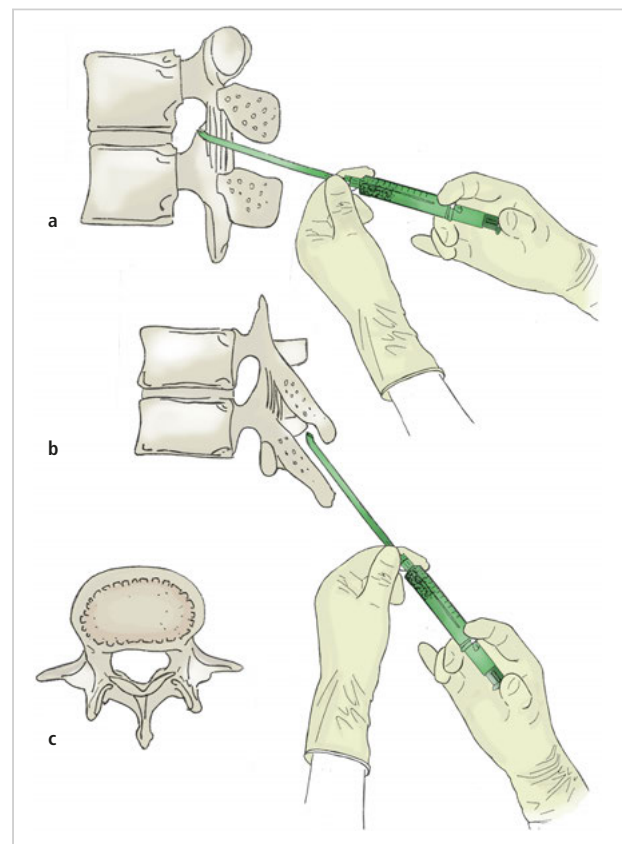


Abb. 16.24 Mediane Zugangswege zu den Wirbelkörpern.

a Bei einem Lendenwirbelkörper mit Punktionsrichtung ca. 10° nach kranial. b Bei einem Wirbelkörper aus dem mittleren Thorakalbereich mit Punktionsrichtung ca. 30–60° nach kranial. c Wirbelkörper in der Aufsicht.

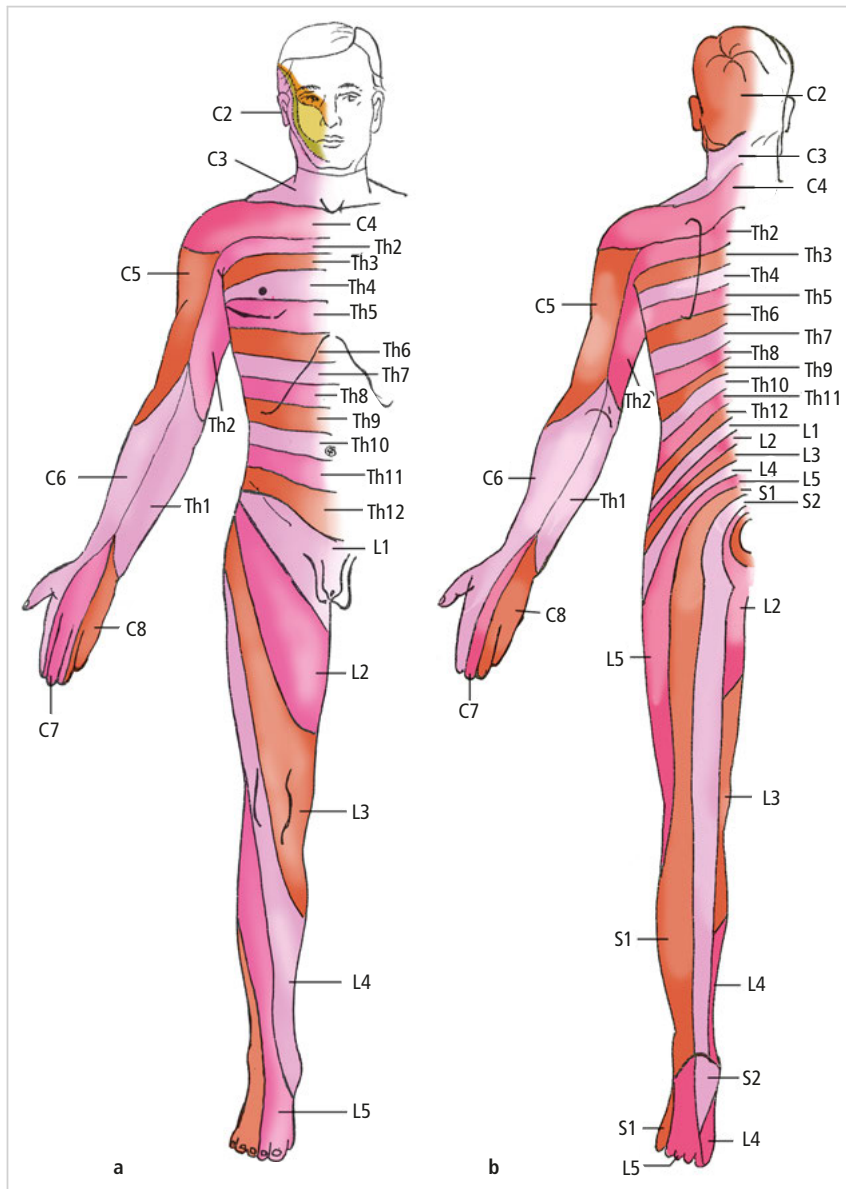


Abb. 16.25 Dermatomeinteilung.

- a Frontalansicht.
- b Dorsalansicht.

Die Dura mater (Theka) wird vom sog. **Periduralraum** umgeben, der reichlich Venengeflechte (v. a. in den lateralen Bereichen), Bindegewebe und Fettgewebezellen enthält (► Abb. 16.27). Der Periduralraum reicht vom Foramen magnum bis zum Hiatus sacralis. Er ist im Lumbalbereich ca. 5–6 mm, im mittleren Thorakalbereich ca. 3–4 mm breit. Im Bereich des Foramen magnum spaltet sich von der dort fixierten Dura die äußere Durascheide, die als Periostr dem knöchernen Wirbelkanal anliegt. Die Dura begleitet die zu den Foramina intervertebralia ziehenden Spinalnerven nach lateral und verschmilzt lateral des Spinalganglions mit dem Epineurium der Spinalnerven. Das äußere Blatt der Durascheide (► Abb. 16.27) überzieht als Periostr den Wirbelkanal und verschmilzt ebenfalls mit den Spinalnerven. Es kommt also zu einer Fusion der inneren und der äußeren Durascheide. Bei Leichen konnte durch Injektion von Röntgenkontrastmittel in den Periduralraum gezeigt werden, dass das Kontrastmittel nicht aus dem Periduralraum nach lateral in den paravertebralen Raum abfließt. Der Periduralraum ist also ein nach lateral geschlossener Raum.

Dies ist für die Ausbreitung (S. 450) des Lokalanästhetikums bei der Periduralanästhesie zu beachten.

Beim Embryo füllt das Rückenmark initial den Wirbelkanal noch in der ganzen Länge aus. Ab ca. dem dritten Embryonalmonat wächst das Rückenmark langsamer als die knöcherne Wirbelsäule. Es kommt zum sog. **Ascensus** des Rückenmarks. Bei Neugeborenen endet das Rückenmark normalerweise in Höhe des Lendenwirbelkörpers (LWK) 3(–4 (S. 1176). Im Alter von ca. 1 Jahr liegen vergleichbare Verhältnisse wie beim Erwachsenen vor.

Bei Erwachsenen endet das Rückenmark zumeist auf Höhe von LWK1 bis LWK2 (in ca. 3% jedoch erst im Bereich von L2/L3). Daher müssen die unteren Lumbal- und Sakralnervenwurzeln beim Erwachsenen bis zu ihrem Austritt durch das entsprechende Foramen intervertebrale einen längeren intraspinalen Weg zurücklegen, z. T. bis zu 20 cm. Diese Fasern bilden die **Cauda equina** („Pferdeschweif“; ► Abb. 16.26). Spinalpunktionen sollten normalerweise bei Erwachsenen nur unterhalb von LWK3 (normalerweise L3/L4) und bei Säuglingen unterhalb von L4 durchgeführt

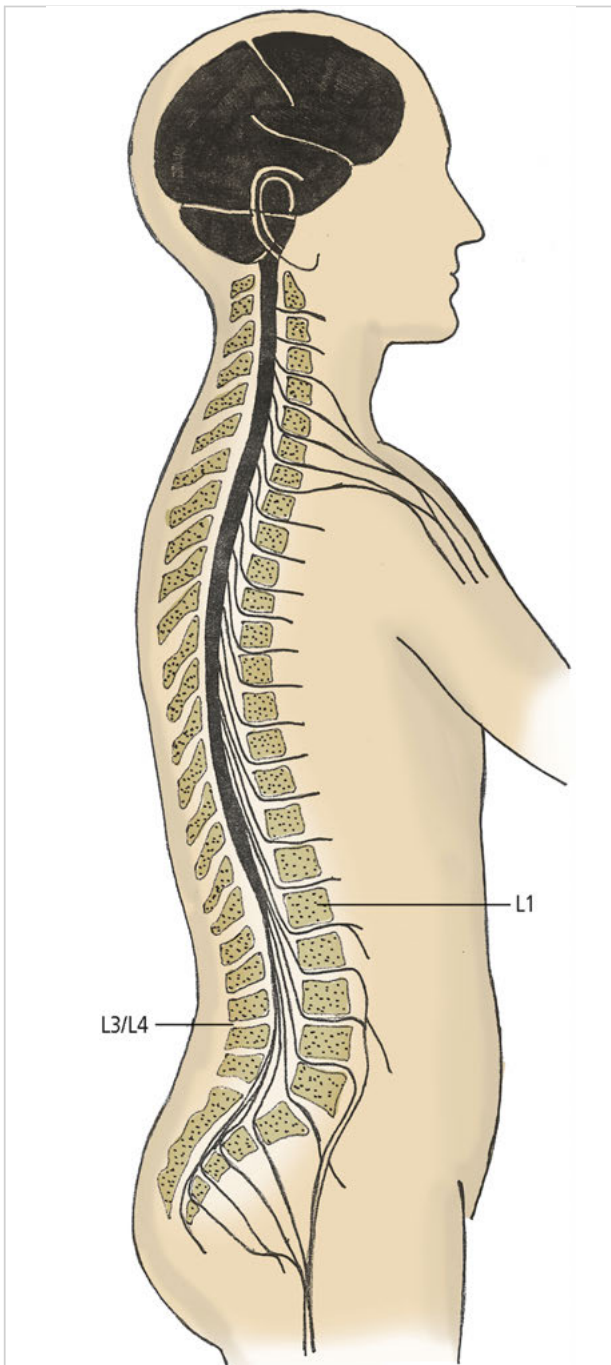


Abb. 16.26 Lage des Rückenmarks im Spinalkanal. Das Rückenmark endet normalerweise auf Höhe von L 1–L 2 (selten bei L 2–L 3); die übliche Punktionsstelle für eine Spinal- oder Periduralanästhesie liegt zwischen L 3 und L 4.

werden, damit das Rückenmark nicht versehentlich verletzt werden kann. (Falls bei Erwachsenen ausnahmsweise bei L2/L3 punktiert werden soll, ist erhöhte Vorsicht geboten, denn es könnte der seltene Fall vorliegen, dass das Ende des Rückenmarks bis L2/L3 reicht). Die Fasern der Cauda equina weichen einer eindringenden Kanüle leicht aus. Bei einer Spinalanästhesie wird das Lokalanästhetikum kaudal von LWK3, zumeist zwischen LWK3 und LWK4 (seltener bei L4/L5) in die Liquorflüssigkeit des Subarachnoidalraums eingebracht. Der Periduralraum (die Dura mater) reicht bei Neugeborenen meist bis S3 (manchmal bis S4). Bei Kindern, Jugendlichen und bei Erwachsenen endet der Durasack bei S1, öfter auch bei S2 (► Abb. 61.24).

Während das gesamte Liquorvolumen bei Erwachsenen ungefähr 2 ml/kgKG, d. h., ca. 150 ml, beträgt, wird das Liquorvolumen im lumbosakralen Bereich mit 42–81 ml angegeben [575]. Diese große interindividuelle Variabilität des lumbosakralen Liquorvolumens (z. T. werden noch größere Volumenschwankungen angegeben) ist ein wichtiger Grund dafür, dass die Ausbreitung einer Spinalanästhesie schwierig vorauszusehen ist.

Beim Aufsuchen des Spinal- oder Periduralraums wird von dorsal zwischen den Dornfortsätzen eingestochen. Hierbei müssen das Lig. supraspinale (das von Processus spinosus zu Processus spinosus zieht), das Lig. interspinale (das zwischen den Dornfortsätzen liegt) und das Lig. flavum (das zwischen den dorsalen Wirbelbögenanteilen ausgespannt ist) durchstochen werden (► Abb. 16.27).

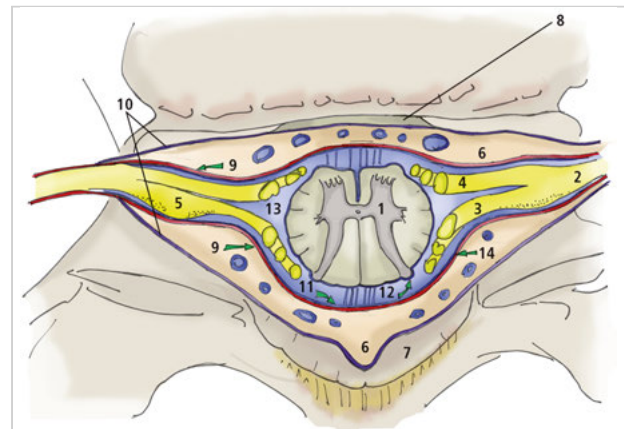


Abb. 16.27 Querschnitt durch die thorakale Wirbelsäule. 1 = Rückenmark, 2 = Spinalnerv (Interkostalnerv), 3 = afferente Hinterwurzel, 4 = motorische Vorderwurzel, 5 = dorsales Spinalganglion, 6 = Periduralraum, 7 = Lig. flavum, 8 = Lig. longitudinale posterius, 9 = Dura mater (inneres Blatt), 10 = Dura mater (äußeres Blatt), 11 = Arachnoidea, 12 = Pia mater, 13 = Subarachnoidalraum, 14 = Subduralraum (zwischen innerem Blatt der Dura mater und der Arachnoidea).

Direkt nach dem derben, sehnartigen Lig. flavum beginnt der Periduralraum. Das Lig. flavum ist im Lumbalbereich in der Mittellinie ca. 5 mm stark, nach lateral wird es schmaler.

Blockade einzelner Nervenfasertypen

Bei Injektion eines Lokalanästhetikums in den lumbalen Subarachnoidalraum, d. h., bei einer Spinalanästhesie (S.430), werden zuerst die B-Fasern, also die präganglionären sympathischen Fasern, blockiert. Daher kommt es zuerst zu einer Gefäßweitstellung, zu einem Wärmegefühl in den Beinen und evtl. zum Abfall des Blutdrucks. Danach werden die C-Fasern und dann die A δ -Fasern blockiert, also Schmerz-, Wärme- und Kälteempfinden ausgeschaltet. Anschließend werden die A β -Fasern, also Druck und Berührung, blockiert und zuletzt werden die dicksten Fasern, die A α -Motoneurone, also die Motorik ausgeschaltet (Kap. 15.1.1). Diese Reihenfolge der Blockade trifft insbesondere für die Spinalanästhesie (S.430) zu. Bei der Periduralanästhesie (S.445) oder Kaudalanästhesie (S.1176) ist diese Reihenfolge der Nervenfasernblockade weniger vorhersagbar ausgeprägt.

Bei Abklingen einer rückenmarksnahen Regionalanästhesie kehren meistens zuerst die Motorik, dann die Sensibilität und schließlich die Sympathikusfunktion wieder zurück. Trotz abgeklungener sensibler und motorischer Blockade kann also evtl. noch eine sympathische Denervierung bestehen. Deshalb sollten Patienten nach dem scheinbaren Abklingen einer rückenmarksnahen Regionalanästhesie anfangs nur mit Unterstützung aufstehen, da evtl. noch Kreislaufdysregulationen auftreten können.

Anatomie

Sympathikusfasern

Präganglionäre Fasern verlassen das Rückenmark mit den Spinalnerven C8 bis L2 (► Abb. 23.2). Das präganglionäre (1.) sympathische Neuron zieht dann vom entsprechenden Spinalnerven über den sog. R. communicans albus zum sympathischen Grenzstrang und wird dort auf das postganglionäre (2.) sympathische Neuron umgeschaltet. Die postganglionären Fasern verlaufen über den R. communicans griseus zu den selben Spinalnerven zurück (► Abb. 16.28), evtl. auch zu Spinalnerven höherer oder tieferer Segmente und mit den dort verlaufenden Spinalnerven zu deren Versorgungsbereichen. Alle Spinalnerven enthalten daher postganglionäre Fasern, während nur 15 Spinalnerven (C8–L2) auch präganglionäre Fasern enthalten (s. a. ► Abb. 23.2). Einige präganglionäre sympathische Nervenfasern ziehen auch durch den sympathischen Grenzstrang bis zu prä- oder paravertebralen Ganglien (z. B. Ganglion coeliacum) und schalten dort auf das postganglionäre (2.) sympathische Neuron um (► Abb. 16.28). Eine rückenmarksnahen Leitungsanästhesie kann eine ausgedehnte Blockade der präganglionären sympathischen Nerven hervorrufen. Da die sympathischen Fasern leichter als die sensiblen Fasern zu blockieren sind, reicht (im Bereich von C8–Th12, also der Spinalnerven, die präganglionäre sympathische Fasern enthalten; s. o.) die Sympathikusblockade bei einer Spinalanästhesie normalerweise ca. 4 Segmente weiter nach kranial als die Temperaturdiskriminierung und ca. 6 Segmente weiter nach kranial als die sensible Blockade [579]. Die Sympathikusblockade kann erhebliche Auswirkungen auf die Kreislaufregulation und die Magen-Darm-Funktion haben.

Je höher die Zahl der blockierten präganglionären sympathischen Fasern ist, desto größer ist z. B. der zu erwartende **Blutdruckabfall** durch die auftretende arterielle und v. a. die venöse

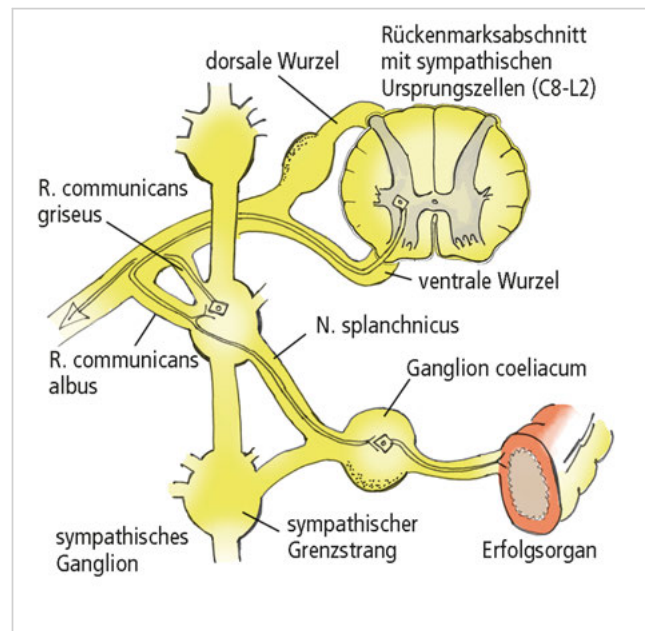


Abb. 16.28 Anatomischer Ausschnitt aus dem sympathischen Nervensystem.

Gefäßweitstellung. Der Abfall des arteriellen Blutdrucks im Rahmen einer rückenmarksnahen Regionalanästhesie ist dadurch bedingt, dass es aufgrund der v. a. venösen Gefäßweitstellung mit venösem Pooling zu einem verminderten venösen Rückstrom mit Abfall des Herzminutenvolumens kommt. Eine stark verminderte Füllung des rechten Vorhofs kann unter Vermittlung entsprechender Dehnungsrezeptoren außerdem typischerweise zu einer Bradykardie mit weiterem Abfall des Herzminutenvolumens führen. Während ein vermehrter venöser Rückfluss über Druckrezeptoren im rechten Vorhof und in der V. cava zu einer reflektorischen Tachykardie führt [sog. Bainbridge-Reflex], verursacht eine plötzliche deutliche Verminderung des venösen Rückflusses zum Herzen über eine paradoxe Reflexauslösung Bradykardie, Vasodilatation und Hypotension. Bei Normovolämie und nicht übermäßig abfallendem Preload sinkt die Herzfrequenz über diesen Reflex nur ca. 10–15% ab. Im Extremfall kann eine Asystolie auftreten. Der Wirkungseintritt von Atropin tritt bei einer solchen reflektorischen Bradykardie meist zu langsam ein. Wichtig ist die frühzeitige Gabe eines Vasokonstriktors (z. B. Akrinor) und in schweren Fällen die frühzeitige Gabe von Adrenalin. Zumeist ist auch eine zusätzliche Flüssigkeitsgabe notwendig. Einen Blutdruckabfall versucht der Körper durch eine Vasokonstriktion in nicht blockierten höheren Segmenten aufzufangen. Ist diese Kompensationsmöglichkeit – z. B. durch eine zusätzliche Allgemeinanästhesie – eingeschränkt, können stärkere Blutdruckabfälle begünstigt werden. Peridurale Blockaden unterhalb von Th5 sind selten von einer ausgeprägten Hypotonie begleitet. Bei einer weiter aufsteigenden Blockade wird jedoch nicht nur eine kompensatorische Vasokonstriktion in den höheren Segmenten verhindert, sondern es werden evtl. auch die aus den Segmenten Th1–Th4 abgehenden sympathischen Nn. accelerantes blockiert. Diese vermitteln die sympathische Innervation des Herzens. Durch Blockade dieser N. accelerantes können Herzfre-

quenz und Herzminutenvolumen – und damit der aktuelle Blutdruck – weiter abfallen. Siehe auch: Therapie eines solchen Blutdruckabfalls (S.440).

Der (über den N. vagus vermittelte) Bezold-Jarisch-Reflex („Herzschonreflex“) wird über Chemo- und Mechanorezeptoren im linken Ventrikel (durch eine Überdehnung oder hypoxische oder toxische Schädigung) ausgelöst und führt zu Bradykardie und Hypotension. Bei einer schweren akuten Hypovolämie (verminderter venöser Rückfluss; s. o.) können die dann auftretenden starken Ventrikelkontraktionen auch diesen Reflex paradox auslösen (Übersicht bei [599]).

Merke

M!

Der Blutdruckabfall ist bei hypovolämischen Patienten deutlich ausgeprägter, da die bei ihnen vorbestehende kompensatorische Vasokonstriktion aufgehoben wird.

Um einem stärkeren Blutdruckabfall aufgrund einer Sympathikusblockade vorzubeugen, ist eine vorbestehende Hypovolämie durch eine vorherige adäquate Volumensubstitution auszugleichen. Oft werden auch bei normovolämischen Patienten ca. 500 ml Infusionslösung vor Anlage der rückenmarksnahen Regionalanästhesie routinemäßig verabreicht (sog. Prähydratation). Ob dies bei normovolämischen Patienten notwendig ist, wird inzwischen zumeist verneint. Es konnte gezeigt werden, dass bei einer Spinalanästhesie (für eine Sectio caesarea) größere Blutdruckabfälle nicht seltener auftreten, wenn anstatt einer vorherigen moderaten Volumengabe (150 bzw. 200 ml) eine großzügige Volumengabe (15 ml/kgKG bzw. 1000 ml) vorgenommen wird ([616]; [700]). Dies ist dadurch zu erklären, dass ca. 80% der im Rahmen einer Prähydratation („preloading“) verabreichten kristalloiden Lösung das Gefäßsystem bereits innerhalb kurzer Zeit schon wieder verlassen haben und in das Interstitium abdiffundiert sind (Kap. 9.2).

Merke

M!

Aus diesen Gründen wird inzwischen nicht mehr eine vorherige großzügige Gabe kristalloider Lösungen, sondern eher eine schnelle Zufuhr kristalloider Lösungen während (!) der Anlage und dem Wirkungsbeginn einer rückenmarksnahen Regionalanästhesie (= sog. Cohydratation; „coloadung“) oder die vorherige Gabe einer (länger intravasal verbleibenden) kolloidalen Lösung empfohlen (ausführliche Diskussion s. Cohydratation (S. 1249)). Hierfür dürften laut aktueller S3-Leitlinie vor einer Spinalanästhesie (bei nicht Schwangeren) auch Gelatinepräparate verwendet werden [677]. HES-Lösungen sind hierfür nicht mehr erlaubt.

Die bedarfsadaptierte Gabe eines Vasokonstriktors (z. B. Akri-nor) ist einer großzügigen Volumengabe vorzuziehen. Wegen den bei einer rückenmarksnahen Regionalanästhesie eingeschränkten vaskulären Kompensationsmöglichkeiten sollte bei voraussichtlich stärker blutenden Operationen von einer alleinigen rückenmarksnahen Leitungsanästhesie abgesehen werden. Bei einer Kombinationsnarkose (Allgemeinanästhesie plus Periduralkatheter) sollte der Periduralkatheter erst gegen Ende

der Operation, nachdem die Blutung gestillt werden konnte und eine Normovolämie besteht, beschickt werden.

Bei einem sog. Sattelblock (S.437), einer Modifikation der Spinalanästhesie, werden nur die Sakralsegmente blockiert. In diesem Bereich treten keine präganglionären Sympathikusfasern aus dem Rückenmark aus (► Abb. 23.2), es ist also hierbei kein Blutdruckabfall zu erwarten.

Parasympathikusfasern

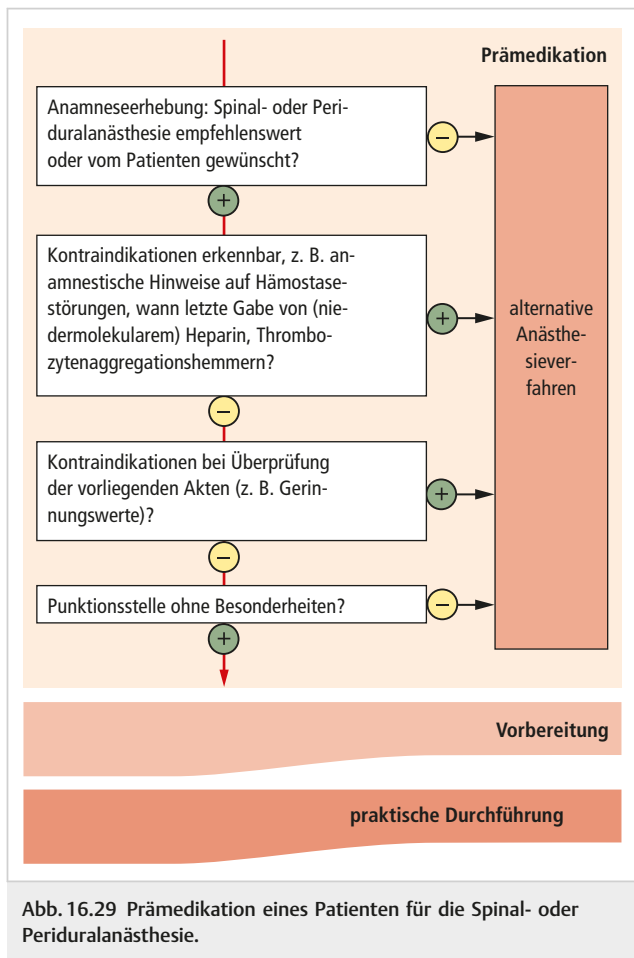
Parasympathische Fasern entspringen v. a. im Hirnstamm und verlaufen mit verschiedenen Hirnnerven, v. a. dem N. vagus, nach peripher (► Abb. 23.3). Außerdem entspringen parasympathische Fasern auch aus dem sakralen Rückenmark und verlaufen mit den Sakralnerven S2–S4 nach peripher. Der N. vagus versorgt die viszerale Organe bis zum Colon transversum. Die parasympathischen Sakralnerven innervieren den Dickdarm distal des Colon transversums sowie Blase, Sphinkteren und Genitale (► Abb. 23.3).

Nach Anlage einer Spinal-, Kaudal- oder (lumbalen) Periduralanästhesie ist eine vorübergehende Lähmung der Blasenmuskulatur zu erwarten. Die dadurch evtl. auftretenden Miktionsbeschwerden beruhen auf einer Parasympathikusblockierung. Diese Parasympathikusdenervierung hält relativ lange an, weil das Lokalanästhetikum in den kaudalen Abschnitten des Subarachnoidalraums relativ lange verbleibt und weil die dort befindlichen feinen, parasympathischen Nervenfasern gegenüber Lokalanästhetika sehr empfindlich sind.

Aufklärung

Bei der Aufklärung eines Patienten ist zu beachten, dass es eine zwingende Indikation für eine rückenmarksnahen Regionalanästhesie nur äußerst selten gibt. Fast immer kann eine Operation alternativ auch in Allgemeinnarkose durchgeführt werden (► Abb. 16.29). Auch für die postoperative Schmerztherapie ist dies zu beachten. Alternativ bietet sich z. B. meist eine patientenkontrollierte Analgesie (PCA (S.1594)) an. Ein Patient, der eine rückenmarksnahen Regionalanästhesie ablehnt oder dieser gegenüber sehr skeptisch eingestellt ist, sollte nicht dazu gedrängt werden. Es sollte die Devise gelten: „Überzeugen ja, überreden nein.“ Im Rahmen der Aufklärung muss auf die verfahrenstypischen Komplikationen hingewiesen werden: Dies sind v. a. das Risiko einer Blutung, einer Entzündung (im Extremfall eine Meningoenzephalitis), einer Nervenschädigung (im Extremfall eine Querschnittslähmung; zur Inzidenz s. Kap. 16.3.6), einer Allergie auf das injizierte Medikament, postpunktionelle Kopfschmerzen und ein Versagen des Verfahrens (s. a. Kap. 16.3.2).

Sind klinisch und anamnestisch keine (!) Hinweise auf eine Hämostasestörung erkennbar, dann sind vor einer rückenmarksnahen Regionalanästhesie keine hämostaseologischen Untersuchungen zwingend (Diskussion der Hämostaseproblematik s. Kap. 16.3.4).



Prämedikation

Meist wird ein orales Benzodiazepin, z. B. Midazolam in einer Dosierung von 7,5 mg per os beim Erwachsenen zur Prämedikation empfohlen (Kap. 3.2.1). Benzodiazepine haben eine beruhigend-angiolytische Wirkung und können außerdem die Krampfschwelle erhöhen, sodass oft ein gewisser Schutz vor potenziell ZNS-toxischen Nebenwirkungen höherer Lokalanästhetikadosen erwartet wird (Kap. 16.3.11). Es ist zu beachten, dass Patienten nach Anlage einer rückenmarksnahen Regionalanästhesie (vermutlich aufgrund der auftretenden Deafferenzierung) müde werden [680]. Aufgrund der additiven Wirkung von medikamentöser Prämedikation und blockadebedingter Sedierung ist eine erhöhte Aufmerksamkeit und Überprüfung der Vigilanz des Patienten notwendig.

(Analgo-)Sedierung

Während einer Operation in rückenmarksnaher Regionalanästhesie sollte nur zurückhaltend medikamentös sediert werden. Vielmehr sollte der Patient z. B. in ein Gespräch verwickelt und dadurch abgelenkt werden. Häufig kann auch durch Abspielen von Musik (über einen Kopfhörer) eine gute anxiolytische Wirkung erzielt werden. Nur falls solche nicht medikamentösen Verfahren unzureichend sind oder falls die rückenmarksnaher Regionalanästhesie nicht perfekt wirkt, sollte eine zusätzliche intraoperative medikamentöse (Analgo-)Sedierung durch-

geführt werden. In Kap. 7.5 wird das anästhesiologische Vorgehen bei einer (Analgo-)Sedierung ausführlich diskutiert. Es werden dort u. a. Ziele einer (Analgo-)Sedierung, Sedierungsgrade, Voraussetzungen zur Durchführung einer (Analgo-)Sedierung, notwendige Überwachungsmaßnahmen, geeignete Medikamente sowie Überwachung nach einer (Analgo-)Sedierung und Besonderheiten einer (Analgo-)Sedierung bei ambulant operierten Patienten dargestellt. Die in Kap. 7.5.5 angegebenen Medikamentendosierungen beziehen sich auf diagnostische oder therapeutische Maßnahmen in alleiniger (Analgo-)Sedierung. Wird eine (Analgo-)Sedierung allerdings im Rahmen eines Lokal- oder Regionalanästhesieverfahrens durchgeführt, dann können u. U. deutlich niedrigere Dosierungen ausreichen. Es ist daher eine stets streng bedarfsadaptierte Dosisstratifikation wichtig. Bezüglich der (Analgo-)Sedierung während eines Lokal- oder Regionalanästhesieverfahrens wird auch auf Kap. 16.3.11 verwiesen.

Durchführung beim narkotisierten Patienten?

Rückenmarksnaher Regionalanästhesien sollten (mit Ausnahme der Kaudalanästhesie beim Kind) nicht (!) bei anästhesierten Patienten durchgeführt werden, da hierbei punktionsbedingte Nervenverletzungen oder intraneurale Injektionen nicht bemerkt werden können und der Patient sich zu einer schmerzhaften Punktion bzw. Injektion nicht äußern kann. Außerdem ist es nicht möglich, Qualität und Ausbreitung der Blockade zuverlässig zu beurteilen. In einem Statement wird sogar festgestellt: „Aus der Sicht des wissenschaftlichen Arbeitskreises Regionalanästhesie und des Präsidiums unserer Fachgesellschaft wird die Anlage eines thorakalen Epiduralkatheters beim Erwachsenen in Allgemeinanästhesie ... nicht als lege artis erachtet ...“ „Sinngemäß gilt dies auch für lumbale Epiduralkatheter, wenngleich hierzu kein klares Verdikt des Präsidiums vorliegt“ [716].

Spinalanästhesie

Unter einer Spinalanästhesie wird das Einbringen eines Lokalanästhetikums in den lumbalen Liquorraum (Subarachnoidalraum) mit Blockade der entsprechenden Spinalnerven verstanden. Hierdurch kann die Schmerzempfindung an der unteren Körperhälfte ausgeschaltet werden. Bezüglich der Entdeckung der Spinalanästhesie wird auf das Kapitel Geschichte der Regionalanästhesie verwiesen (Kap. 13.1). Die allgemeine Vorbereitung des Patienten auf eine rückenmarksnaher Regionalanästhesie ist in ► Abb. 16.30 wiedergegeben.

Indikationen

Als Indikationen für eine Spinalanästhesie gelten Eingriffe an der unteren Körperhälfte, also Unterbauch-, Leisten-, Dammoperationen, Sectio caesarea und Eingriffe an den Beinen.

Kontraindikationen

Es gibt nur relativ wenige **absolute** Kontraindikationen für eine Spinalanästhesie. Dazu gehören:

- Ablehnung durch den Patienten
- angeborene, erworbene oder medikamentös bedingte Hämostasestörungen (Kap. 16.3.4)

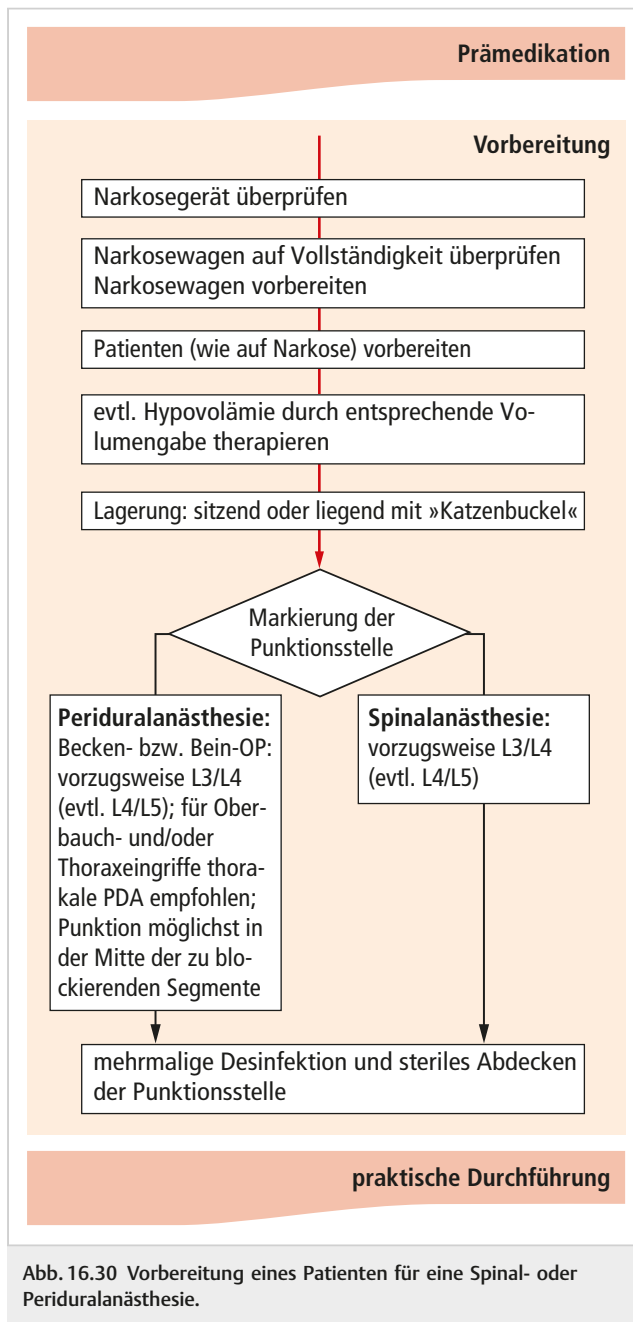


Abb. 16.30 Vorbereitung eines Patienten für eine Spinal- oder Periduralanästhesie.

- Allergien gegen Lokalanästhetika (► Tab. 16.1)
- nicht kooperative Patienten
- starke Hypovolämie
- lokale Infektionen im Punktionsbereich
- Sepsis [570]
- erhöhter intrakranieller Druck

Relative Kontraindikationen sind:

- anatomische Veränderungen im Punktionsbereich (z. B. Morbus Bechterew oder andere Wirbelsäulendeformitäten)
- Kopfschmerzanamnese (z. B. Migräne)
- chronische Rückenschmerzen
- jugendliche Patienten; aufgrund der häufiger auftretenden postspinalen Kopfschmerzen (S. 440)

- neurologische Erkrankungen (S. 431)
- beeinträchtigtes Immunsystem (z. B. Steroid-Therapie, Alkoholabusus, Tumorleiden, Diabetes mellitus) ([634]; [570])
- relevante Aortenstenose, Vitien mit Rechts-links-Shunt, pulmonalvaskuläre Hypertonie
- Bakteriämie (die Antibiotikatherapie soll vorher [erfolgreich] begonnen sein) ([634]; [570])

Neurologische Erkrankungen werden vielfach als Kontraindikation für eine Spinalanästhesie angeführt, obwohl dies wissenschaftlich nicht belegt ist. Auch ist z. B. ein Morbus Parkinson oder eine multiple Sklerose keine absolute Kontraindikation für eine Spinal- oder insbesondere eine Periduralanästhesie. Aus Beweissicherungsgründen kann es jedoch sinnvoll sein, auf eine rückenmarksnahe Regionalanästhesie zu verzichten. Zum Beispiel könnte ein stressbedingter postoperativer akuter Schub einer multiplen Sklerose mit neurologischen Ausfällen fälschlicherweise der Spinalanästhesie angelastet werden. Bei chronischen Kopf- oder Rückenschmerzen empfiehlt es sich oft, aus medikolegalen Gründen auf eine Spinalanästhesie zu verzichten. Eine frühere Bandscheibenoperation wird ebenfalls oft als relative Kontraindikation bezeichnet, obwohl hierbei z. T. keine Probleme gesehen werden [618]. Auch eine HIV-Infektion stellt keine Kontraindikation für eine Spinalanästhesie dar. Die Sorge, bei einer blutigen Punktion das HI-Virus ins ZNS einzuschleusen, ist unbegründet, denn das HI-Virus hat normalerweise bereits in einem frühen Stadium das ZNS schon befallen.

Material

- sterile Handschuhe, Mund-Nasen-Schutz und Kopfhaube (ein steriler Kittel ist bei einer Single-Shot-Technik nicht unbedingt notwendig; [705]; vgl. allgemeine Hygienemaßnahmen; Kap. 16.3.3)
- Desinfektionslösung
- Lokalanästhetikum für die lokale Betäubung der Punktionsstelle
- Lokalanästhetikum für die Spinalanästhesie, z. B. Bupivacain 0,5% isobar, Prilocain 2% hyperbar, Ropivacain 0,5% isobar (Kap. 14.4.1)
- Fertigset für die Spinalanästhesie, das meist alle weiteren Utensilien enthält:
 - Gefäß für die Desinfektionslösung
 - sterile Tupfer und Kompressen
 - sterile Klemme (die Tupfer werden mit der Klemme gefasst, in die Desinfektionslösung getaucht und zur Desinfektion der Punktionsstelle verwendet – anstatt der sterilen Klemme sind in manchen Sets auch gestielte Desinfektionsschwämmchen für die Punktionsstelle enthalten)
 - steriles Loch Tuch
 - 2-ml-Spritze für die lokale Betäubung der Haut
 - 5-ml-Spritze zur Injektion des Lokalanästhetikums in den Liquorraum
 - Stahlkanülen zum Aufziehen der Medikamente und zur lokalen Betäubung der Punktionsstelle sowie zur Infiltration der tieferen Bandstrukturen, außerdem eine dicke Führungskanüle (S. 433) für die dünne Spinalkanüle
 - Spinalkanüle (z. B. 25-G-Sprotte-Kanüle)
- steriles Verbandsmaterial für die Punktionsstelle

Vorgehen

Eine Spinalpunktion (► Abb. 16.31) kann am sitzenden (► Abb. 16.32) oder am liegenden (► Abb. 16.33) Patienten vorgenommen werden. Der Patient muss hierbei einen Rundrücken, einen „Katzenbuckel“, machen. Hierzu muss er das Kinn auf die Brust nehmen und bei der Punktion im Liegen die Beine an den Bauch anziehen. Bei der Punktion im Sitzen sollte der am Bettrand sitzende Patient die Beine auf eine Fußbank stellen. Durch diesen Rundrücken vergrößern sich die Abstände zwischen den Dornfortsätzen, was die Punktion zwischen den Dornfortsätzen hindurch in den Spinalraum wesentlich erleichtert. Die Punktion am sitzenden Patienten ist technisch einfacher. Der Patient muss jedoch hierbei von einer Hilfsperson

festgehalten werden, da Patienten nach Injektion des Lokalanästhetikums aufgrund eines plötzlichen Blutdruckabfalls (S.439) kollabieren und vom Bett fallen könnten. Bei einer Punktion in Seitenlage muss sichergestellt werden, dass die Wirbelsäule nicht verdreht und die Schulter sowie das Becken nicht verkippt sind. Deshalb sollte dem Patienten in Seitenlage ein Kopfkissen untergelegt werden.

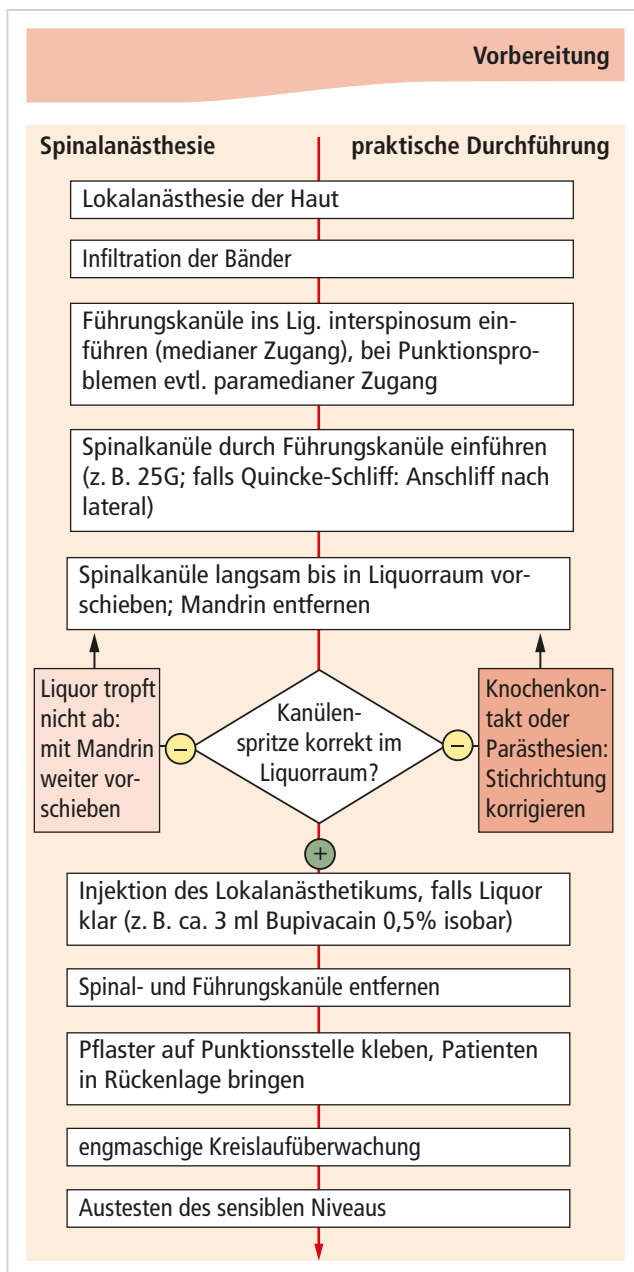


Abb. 16.31 Durchführung einer Spinalanästhesie. Einzelheiten s. Text.



Abb. 16.32 Sitzende Position für eine rückenmarksnahen Punktion („Katzenbuckel“). 1 = Spina iliaca posterior superior.

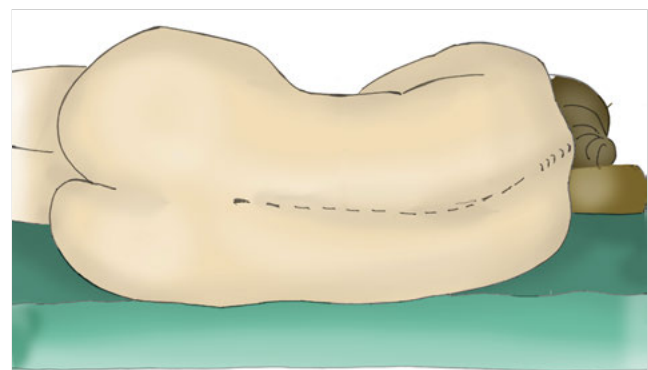


Abb. 16.33 Liegende Position für eine rückenmarksnahen Punktion („Katzenbuckel“).

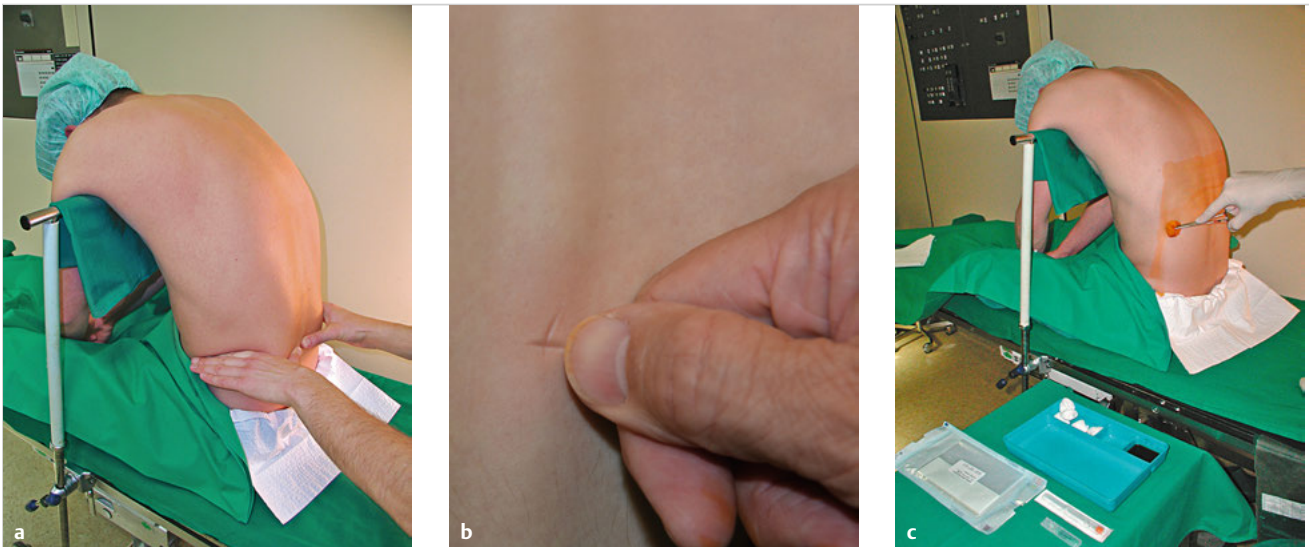


Abb. 16.34 Spinalanästhesie.

a Aufsuchen des Processus spinosus von L4.

b Markieren der voraussichtlichen Punktionsstelle mit z. B. dem Fingernagel durch Eindringen eines Kreuzes.

c Mehrmalige Desinfektion.

Die beabsichtigte Punktionsstelle muss aufgesucht werden. Als Orientierungsmarke gilt die Verbindungslinie der Beckenkämme, die die Wirbelsäule auf Höhe des Dornfortsatzes des 4. Lendenwirbels schneidet. Bei Auflegen der flachen Hände auf die Beckenkämme treffen sich die Daumen in Höhe des Dornfortsatzes von LWK4 (► Abb. 16.34a). Zumeist wird zwischen LWK3 und LWK4, manchmal zwischen LWK4 und LWK5 punktiert. Da das Rückenmark in ca. 3% der Fälle bis nach L2–L3 reicht, sollte nur mit größter Vorsicht (oder möglichst nicht) zwischen LWK2 und LWK3 punktiert werden.

Die beabsichtigte Punktionsstelle kann nun z. B. durch einen längeren und kräftigen Druck mit dem Daumnagel markiert werden, damit sie auch nach der sorgfältigen Desinfektion (Kap. 16.3.3) noch zu erkennen ist (► Abb. 16.34b).

Bei der Punktion des Spinalraums werden folgende Strukturen durchstoßen (► Abb. 16.36):

- Haut
- subkutanes Fettgewebe
- Lig. supraspinale (Band, das von Dornfortsatzspitze zu Dornfortsatzspitze zieht)
- Lig. interspinale (Band, das sich zwischen den Dornfortsätzen befindet)
- Lig. flavum = gelbes Band (elastisches, aber sehr festes, derbes Band, das zwischen den dorsalen Wirbelbögenanteilen gespannt ist)
- Periduralraum (bestehend aus lockerem Bindegewebe, Fettgewebe und reichlich Venengeflechten), nur einige Millimeter breit
- Dura (harte Hirnhaut) und anliegender Arachnoidea
- Spinalraum (mit Liquor und Cauda equina)

Nachdem die voraussichtliche Punktionsstelle markiert wurde, sollte diese großflächig mit einem geeigneten Sprühdesinfektionsmittel mehrmals eingesprüht werden. Solange diese Sprühdesinfektion einwirkt, ist die Händedesinfektion vorzunehmen

und es sind sterile Handschuhe (zusätzlich zu Mundschutz und Kopfhaut) anzuziehen. Danach erfolgt eine mehrmalige großflächige Wischdesinfektion der Punktionsstelle mit sterilen Tupfern und Klemme bzw. gestieltem Schwämmchen, die zuvor in die Desinfektionslösung getaucht wurden (► Abb. 16.34c). Während die Wischdesinfektion antrocknet, wird das Lokalanästhetikum für die Lokalanästhesie (in 2-ml-Spritze) und das Lokalanästhetikum für die Spinalanästhesie (in 5-ml-Spritze) aufgezogen und die entsprechenden Spritzen und die Spinalkanüle werden bereitgelegt. Ist die Wischdesinfektion angetrocknet, wird nun die Punktionsstelle mit einem sterilen Lochtuch abgeklebt. Normalerweise wird in der Mittellinie (medianer Zugang) zwischen dem Dornfortsatz des dritten und vierten Lendenwirbelkörpers (LWK3/4) mit einem Lokalanästhetikum (z. B. Lidocain 1%) eine Hautquaddel (► Abb. 16.35a) gesetzt. Zusätzlich werden die tiefer liegenden Bandstrukturen betäubt (► Abb. 16.35b). Es empfiehlt sich nun, durch die Hautquaddel eine dickere „Führungskanüle“ bis ins Lig. interspinale einzusteichen (► Abb. 16.35c). Durch diese **Führungskanüle** wird eine möglichst dünne Spinalkanüle (meist 25 G) eingeführt (► Abb. 16.35d). Bei Verwendung einer Führungskanüle verbiegt sich die Spinalkanüle nicht so leicht, es können daher dünne Spinalkanülen verwendet werden. Die Stichrichtung der Spinalkanüle sollte leicht nach kranial (ca. 10°) verlaufen. Da die Bindegewebsfasern der zu durchstechenden Dura v. a. von kranial nach kaudal verlaufen, empfiehlt es sich, bei Spinalkanülen mit schräg angeschliffener Spitze (Quincke-Schliff; ► Abb. 16.39) den Schliff nach lateral zu halten. Hierdurch werden die v. a. von kranial nach kaudal verlaufenden Bindegewebsfasern der Dura auseinander gedrängt. Wird der Kanülenschliff nach kranial oder kaudal gerichtet, so werden diese Bindegewebsfasern der Dura durchtrennt und es entsteht ein größeres Loch in der Dura. Wird allerdings eine Spinalkanüle mit konischer Spitze und seitlichem Loch verwendet (z. B. Sprotte- oder Whitacre-Kanüle; ► Abb. 16.39), muss keine besondere Ausrichtung der Kanüle beachtet werden.

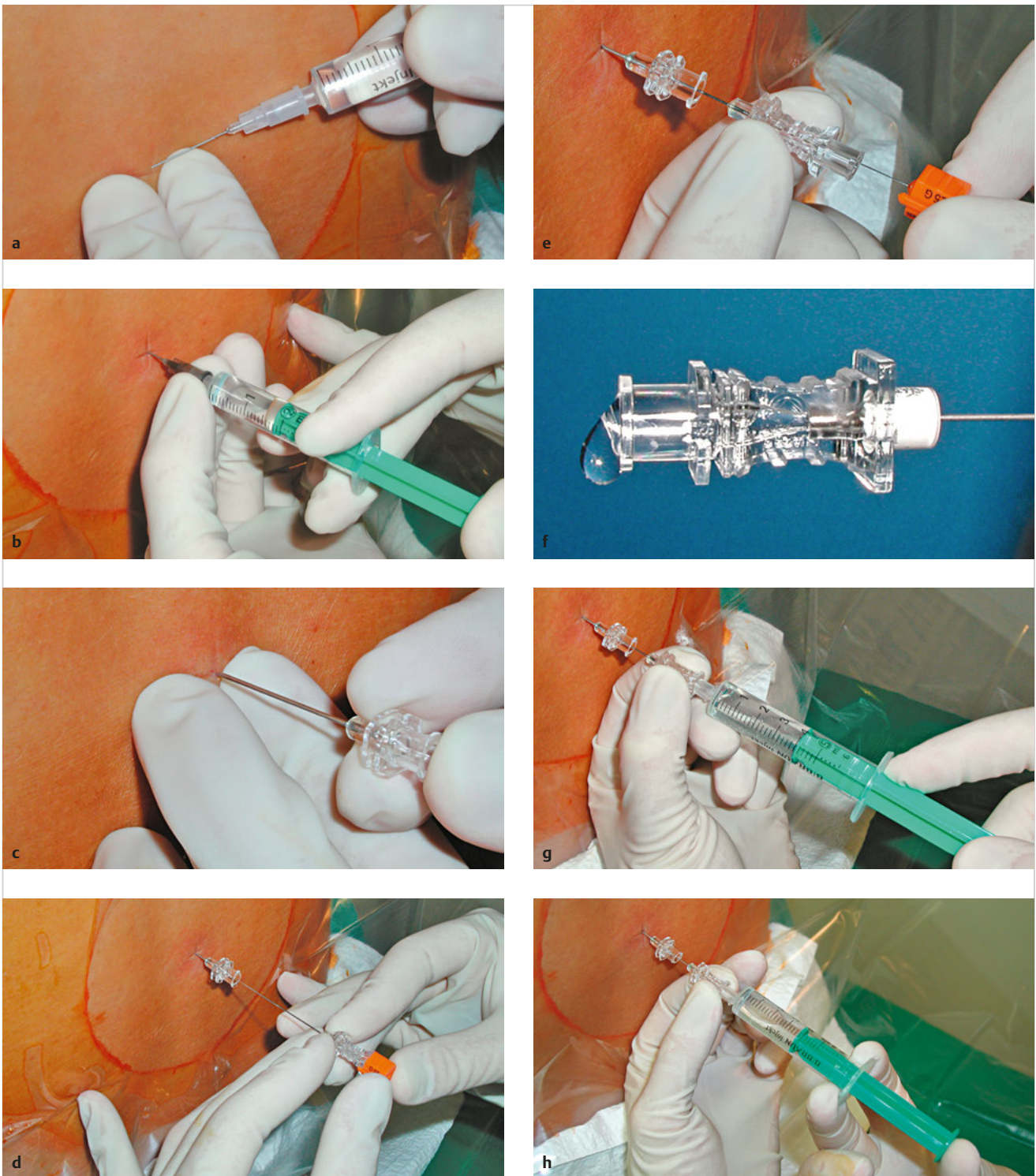


Abb. 16.35 Spinalanästhesie.

- a** Sterile Abdeckung mit Lochtuch und lokale Infiltration der Haut (z. B. mit 27-G-Kanüle).
- b** Infiltration der tieferen Bandstrukturen (z. B. mit 22-G-Kanüle).
- c** Einstechen einer Führungskanüle.
- d** Einführen der Spinalkanüle.
- e** Entfernen des Mandrins.
- f** Abtropfen von klarem Liquor.
- g** Aufsetzen der Spritze mit Lokalanästhetikum und vorsichtige Aspiration auf Liquor.
- h** Injektion des Lokalanästhetikums in den Subarachnoidalraum; danach Verband der Punktionsstelle.

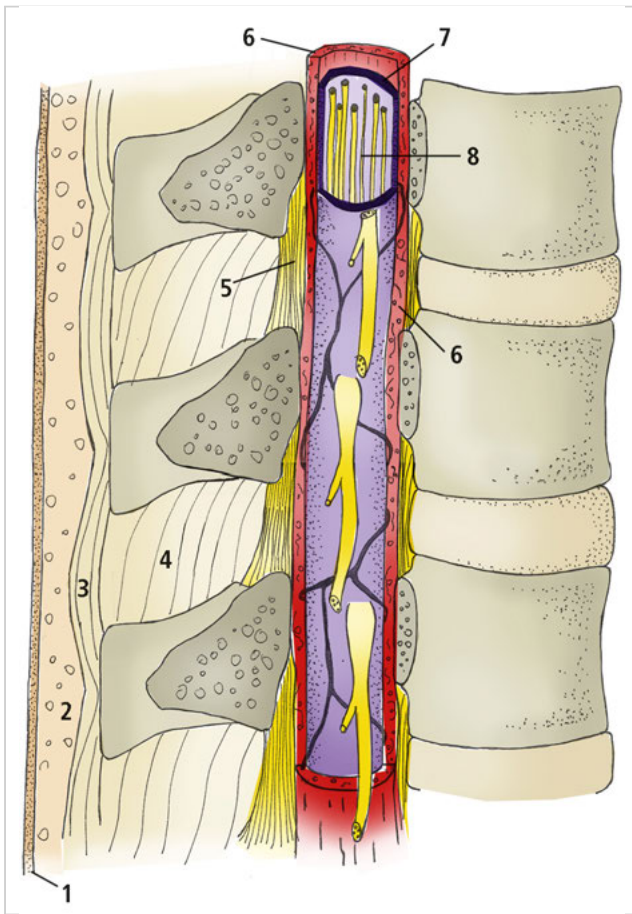


Abb. 16.36 Seitliche Ansicht der Wirbelsäule im Lumbalbereich mit eröffnetem Spinalkanal. 1 = Haut, 2 = subkutanes Fettgewebe, 3 = Lig. supraspinale, 4 = Lig. interspinale, 5 = Lig. flavum, 6 = Periduralraum, 7 = Dura mater, 8 = Spinalraum mit Cauda equina

Durch Entfernen des Mandrins aus der Spinalkanüle kann geprüft werden, ob bereits Liquor abtropft, d. h., ob die Kanülenspitze im Liquorraum liegt (► Abb. 16.37).

Merke

M!

Falls kein Liquor abtropft, muss der Mandrin wieder eingeführt und die Kanüle mit Mandrin etwas weiter vorgeschoben werden. Bei der Spinalpunktion ist es wichtig, dass die Kanüle (mit Quincke-Schliff) immer nur mit Mandrin vorgeschoben wird! Wird die Kanüle ohne Mandrin weiter vorgeschoben, kann evtl. ein Gewebszylinder ausgestanzt werden, der die Kanüle verstopft. Auch bei erfolgreicher Punktion des Spinalkanals fließt dann kein Liquor ab.

Kommt es zum Knochenkontakt, so muss die Stichrichtung der Spinalkanüle korrigiert werden. Häufig kann die Duraperforation als zarter Klick empfunden werden. Nach der Entfernung des Mandrins tropft nun langsam **Liquor** ab (► Abb. 16.35e und f). Manchmal sind die ersten Liquortropfen blutig gefärbt, falls versehentlich ein Gefäß perforiert wurde. Beim Abtropfen des Liquors werden die Tropfen jedoch bald klarer. Es darf erst inji-

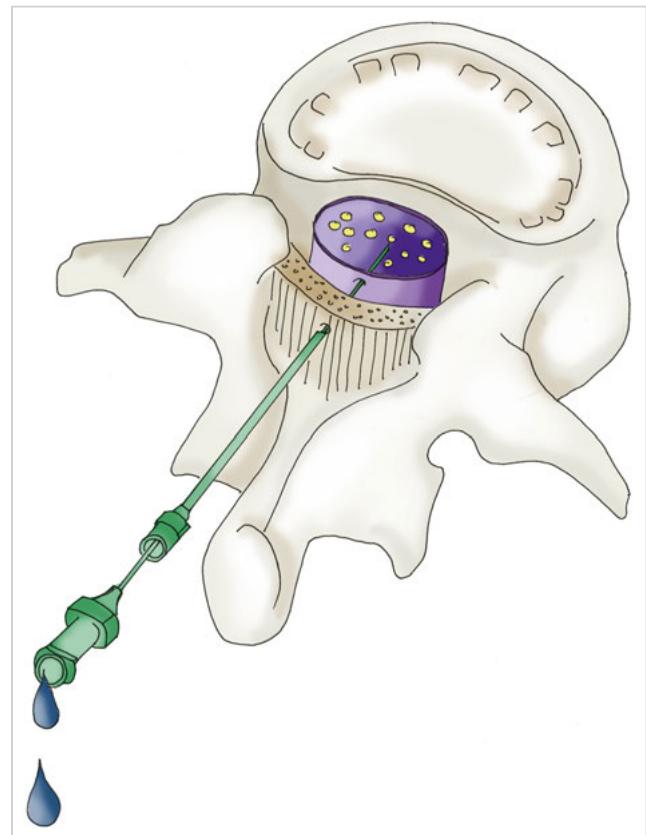


Abb. 16.37 Spinalkanüle und Führungskanüle. Die Kanülenspitze liegt im Bereich der Cauda equina. Es tropft Liquor ab.

ziert werden, wenn klarer Liquor kommt. Nun wird das Ende der Spinalkanüle zwischen Zeigefinger und Daumen der linken Hand gehalten, wobei der Handrücken am Rücken des Patienten abgestützt werden sollte. Auf die so fixierte Spinalkanüle kann nun die Spritze aufgesetzt werden, die das Lokalanästhetikum enthält. Vor der Injektion des Lokalanästhetikums sollte mit der Spritze etwas Liquor aspiriert werden (► Abb. 16.35g), um sich nochmals von der richtigen Lage der Kanüle zu überzeugen. Aspirierter Liquor ist in der mit Lokalanästhetikum gefüllten Spritze an einer Schlierenbildung erkennbar. Das Lokalanästhetikum ist über einen Zeitraum von ca. 3–5 Sekunden zu injizieren (► Abb. 16.35h).

Nach der Injektion empfiehlt es sich, die Spinalkanüle, die noch konnektierte Spritze sowie die Führungskanüle gemeinsam zu entfernen.

Nach Entfernen der Spinalkanüle muss die Punktionsstelle mit sterilem Verbandsmaterial verklebt werden.

Punktionsprobleme

Bei alten oder körperlich schwer arbeitenden Patienten ist das Lig. supraspinale häufig verknöchert. Die Punktion in der Mittellinie (medianer Zugang) kann dadurch schwierig bis unmöglich sein. Meist ist es dann leichter, wenn der laterale (paramediane) Zugang gewählt wird. Falls der Patient keinen Rundrücken machen kann, bietet der paramediane Zugang ebenfalls Vorteile. Hierbei wird ca. 1,5 cm lateral der Mittellinie und etwas tiefer (ca. Oberkante des darunterliegenden Dornfortsatz-

zes) eingegangen und nach mediokranial (ca. 15° nach kranial und ca. 15° nach medial) vorpunktiert, sodass das Lig. flavum möglichst mittig, d. h., an der gleichen Stelle wie beim medianen Zugang, durchstoßen wird. Falls die mediane und paramediane Punktions technik nicht gelingen, kann u. U. mithilfe des lateralen Zugangsweges nach Taylor der größte Zwischenwirbelraum L5/S1 punktiert werden. Hierbei wird ca. 1 cm kaudal und 1 cm medial der Spina iliaca posterior superior (► Abb. 16.32; ► Abb. 61.23) 45° nach medial und 45° nach kranial punktiert.

Manchmal kommt es vor, dass der Spinalraum nicht in der Mittellinie punktiert wird, sondern die Kanülenspitze weiter lateral zu liegen kommt, und dass eine Wurzeltasche punktiert wird. Falls der Patient z. B. plötzlich eine motorische Zuckung im rechten Bein verspürt, dann wurde eine motorische Vorderwurzel auf der rechten Seite irritiert, und es sollte bei einem erneuten Punktionsversuch weiter nach links punktiert werden. Gibt der Patient dagegen einschließende Parästhesien im rechten Gesäß oder rechten Bein an, wurde eine sensible Hinterwurzel tangiert. Ein erneuter Punktionsversuch muss ebenfalls mehr nach links orientiert vorgenommen werden.

Manchmal kommt es auch vor, dass nur ganz zögerlich Liquor abtropft. Wird die Kanülenposition nur minimal verändert, fließt kein Liquor mehr zurück. Im Bereich der Cauda equina beträgt die lichte Weite des Durasackes 14–17 mm, sodass trotz leichter Veränderung der Kanülenposition noch Liquor zurückfließen wird. Dieses Phänomen ist vermutlich dadurch bedingt, dass die Kanülenspitze lateral in einer engen Wurzeltasche liegt. Wird hier injiziert, ist normalerweise nur eine fleckförmige Spinalanästhesie zu erwarten.

Da das Risiko eines periduralen Hämatoms mit der Anzahl der Periduralraum-Punktionen zunimmt, sollte spätestens nach 3 erfolglosen Punktionen auf ein Alternativverfahren übergegangen werden.

Medikamente

- angestrebte Höhe des sensiblen Niveaus: Th 10
 - 3(–3,5) ml Bupivacain 0,5% isobar; Wirkungsdauer: ca. 3–4 Stunden
 - 2–3 ml Bupivacain 0,5% hyperbar; Wirkungsdauer: ca. 2–3 Stunden
 - 3–5 ml Ropivacain 0,5% isobar (nur für chirurgische Eingriffe zugelassen)
 - 3 ml Levobupivacain 0,5% isobar; Wirkungsdauer: 2–3 Stunden
 - 3–4 ml Prilocain 2% isobar; Wirkungsdauer 2 Stunden
 - 2–3 ml Prilocain 2% hyperbar (Takipril); Wirkungsdauer 1,7–2,2 Stunden
- angestrebte Höhe des sensiblen Niveaus: Th 6
 - 3–4 ml Bupivacain 0,5% isobar
 - 3 ml Bupivacain 0,5% hyperbar
 - 4–5 ml Ropivacain 0,5%
 - 5 ml Prilocain 2%
- angestrebte Höhe des sensiblen Niveaus: L4 (Sattelblock)
 - 1–1,5 ml Bupivacain 0,5% hyperbar
 - 1–1,5 ml Prilocain 2% hyperbar (Takipril)

Bei kurzen Eingriffen bietet sich v. a. das kurz wirksame (isobare oder hyperbare) Prilocain 2% (Takipril) an (ca. 120–130 Minuten

Wirkungsdauer), denn eine unnötig lang anhaltende motorische Lähmung wird von den Patienten oft als unangenehm empfunden. Für Operationen, bei denen die Dauer nicht sicher voraussehbar ist, empfiehlt sich zumeist die Gabe des länger wirkenden Ropivacains oder Bupivacains. (Ropivacain ist allerdings nur für eine Spinalanästhesie bei chirurgischen Eingriffen, nicht also bei einer Sectio caesarea zugelassen.)

Die Wirkung der Spinalanästhesie beginnt fast unmittelbar nach Injektion des Lokalanästhetikums. Zuerst werden die B-Fasern (präganglionäre sympathische Fasern) und zuletzt die α -Motoneurone blockiert (Kap. 15.1.2). Die sympathische Blockade (S.428) steigt meist 6 Segmente höher auf als die sensible Blockade und meist 4 Segmente höher als die Temperaturdiskriminierung [579]. Die Wirkungsdauer eines subarachnoidal verabreichten Lokalanästhetikums beruht nicht auf dessen Metabolisierung, sondern auf dessen Resorption und Abtransport über subarachnoidal und peridural verlaufende Gefäße. Wird mit einer definierten Menge eines Lokalanästhetikums ausnahmsweise eine übermäßig große Ausdehnung der Blockade erreicht, so ist in diesem Fall die Blockadedauer kürzer, da das Lokalanästhetikum über mehr Gefäße resorbiert und abtransportiert werden kann.

Isobare Lokalanästhetika

Der Liquor hat ein spezifisches Gewicht von ca. 1,005 g/ml (1,003–1,007). Die isobaren Lokalanästhetika sind gleich (oder ähnlich) schwer wie Liquor. Die Lagerung des Patienten ist für die Ausbreitung eines isobaren Lokalanästhetikums in der Regel ohne größere Bedeutung. Nach der Injektion des Lokalanästhetikums kann der Patient im Prinzip sofort für die Operation gelagert werden. Die offiziell angegebene Dichte eines Lokalanästhetikums bezieht sich jedoch normalerweise auf Raumtemperatur. Nach neueren Erkenntnissen scheint es allerdings so zu sein, dass die meisten isobaren Lokalanästhetika sowie Mischungen aus isobarem Lokalanästhetikum plus Additivum (z. B. Opioid, Clonidin) bei Körpertemperatur leicht hypobar (!) sind (Übersicht bei [635]). Wird ein Patient nach Injektion eines „isobaren“ Lokalanästhetikums nicht relativ schnell in Rückenlage gebracht, sondern bleibt er noch einige Minuten sitzen, dann steigt die Spinalanästhesie etwas weiter hoch. Auch eine spätere Oberkörperhochlagerung kann u. U. noch zu einem Hochsteigen des Niveaus führen. Solche Phänomene sind erst ausgeschlossen, wenn die Spinalanästhesie wieder in Rückbildung begriffen ist.

Hyperbare Lokalanästhetika

Durch Zusatz von 5–9,5% Glucose können isobare Lokalanästhetika hyperbar, also schwerer als Liquor gemacht werden. Bupivacain 0,5%, Mepivacain 4% und Prilocain 2% werden offiziell als hyperbare Lösungen angeboten. (4%iges, hyperbares Mepivacain wird noch angeboten, sollte aber nicht mehr verwendet werden (S. 350)). Hyperbare Lokalanästhetika sinken im Liquorraum nach unten ab. Bei Punktion in Seitenlage und sehr langsamer Injektion ($\leq 0,33$ ml/min; [571]) wird daher nur das unten liegende Bein betäubt (**Halbseitenspinalanästhesie**). Wird der Patient auf die kranke Seite gelagert und ein hyperbares Lokalanästhetikum verwendet, kann gezielt nur das kranke Bein anästhesiert werden. Hierzu reichen ca. 50% derjenigen Dosis aus, die für eine beidseitige Spinalanästhesie bis Th 10 notwen-

dig ist (z. B. ca. 1,5 ml Bupivacain 0,5% hyperbar). Mit 1 ml Bupivacain kann eine Ausbreitung bis Th 12 erzielt werden [571]. Nach der Injektion von 5 mg Bupivacain (1 ml 0,5% hyperbar) sollte der Patient mindestens 10–20 min auf der Seite liegen bleiben, um eine ausreichende Fixierung zu erreichen [571]. Blutdruckabfälle und postoperative Miktionsstörungen sind bei einer Halbseitenspinalanästhesie deutlich seltener [571]. Bei langsamer Injektion eines hyperbaren Lokalanästhetikums am sitzenden Patienten sinkt das Lokalanästhetikum nach kaudal ab und betäubt nur die unteren Spinalnerven, also die Sakralnerven. Hierdurch werden nur die Anal-, Damm- und Genitalbereiche sowie die Oberschenkelinnenseite anästhesiert, also die Bereiche, mit denen ein Reiter im Sattel sitzt. Diese Form der Spinalanästhesie wird deshalb als „Sattelblock“ bezeichnet und eignet sich z. B. bei Eingriffen an Anus oder Genitale. Hierbei werden nur ca. 30–50% derjenigen Dosis benötigt, die für eine Blockade bis Th 10 notwendig ist. Bei Bupivacain 0,5% hyperbar ist dies ca. 1–1,5 ml (s. o.). Für direkt perianale Eingriffe reichen auch 0,5 ml Xylonest 2% hyperbar aus [596]. Nach der Injektion muss der Patient ca. 5 Minuten sitzen bleiben. Bei der Injektion eines hyperbaren Lokalanästhetikums ist auf eine besonders langsame Injektion zu achten, um stärkere Turbulenzen und eine weite Ausbreitung des Lokalanästhetikums im Liquor zu vermeiden. Ziel einer einseitigen Spinalanästhesie bzw. eines Sattelblocks ist es, das Ausmaß der Sympathikusblockade und damit den evtl. auftretenden Blutdruckabfall zu minimieren.

Werden hyperbare Lokalanästhetika eingesetzt, müssen verschiedene **anatomische Gegebenheiten** beachtet werden: Die Krümmungen der Wirbelsäule spielen für die Ausbreitung hyperbarer Lokalanästhetika eine entscheidende Rolle. Wird ein Patient nach Injektion eines hyperbaren Lokalanästhetikums sofort in normale Rückenlage (mit Lendenlordose) gebracht, dann breitet sich das Lokalanästhetikum vom höchsten Punkt der Lendenlordose, die der üblichen Einstichstelle bei LWK3/4 entspricht, sowohl nach kranial als auch nach kaudal aus. Dies ist der Grund, warum die Ausbreitung der Blockade bei normaler Rückenlage sehr häufig den tiefsten Punkt der Brustkyphose bei ca. Th 5–Th 6 erreicht, diesen Bereich aber nicht wesentlich überschreitet. Meist reichen schon z. B. 3 ml hyperbares Bupivacain für eine Ausbreitung bis ca. Th 6 aus. Bei Verwendung von 4 ml Bupivacain nimmt die Ausbreitung nicht wesentlich zu. Das zusätzliche Lokalanästhetikum sammelt sich dann aber u. a. am tiefsten Punkt der Brustkyphose und bleibt dort relativ lange ungebunden. Mit zunehmender Dosis des hyperbaren Lokalanästhetikums wird die sog. „Fixierungszeit“ verlängert. Inzwischen wird die Meinung, dass sich Lokalanästhetika nach einer gewissen Zeitspanne an neuronale Strukturen gebunden haben (Fixierungszeit), allerdings bezweifelt (Übersicht bei [635]). Im Einzelfall kann die „Höhe“ der Spinalanästhesie bis zu 60–70 Minuten nach Injektion bei späteren Umlagerungsmanövern des Patienten noch weiter aufsteigen. Auch z. B. beim Zurücklagern des Patienten nach einer Arthroskopie in das Bett ist eine plötzliche Bradykardie und Asystolie beschrieben [706].

Wird die Injektion eines hyperbaren Lokalanästhetikums im Sitzen durchgeführt, sinkt der Großteil des Lokalanästhetikums relativ schnell nach kaudal. Dieser Teil des Lokalanästhetikums steht für die Kranialausbreitung in normaler Rückenlage (mit Lendenlordose) nicht mehr zur Verfügung, denn auch bei deutlicher Kopftiefelage verhindert die Lendenlordose eines flach auf dem Rücken liegenden Patienten eine Rückverteilung nach kra-

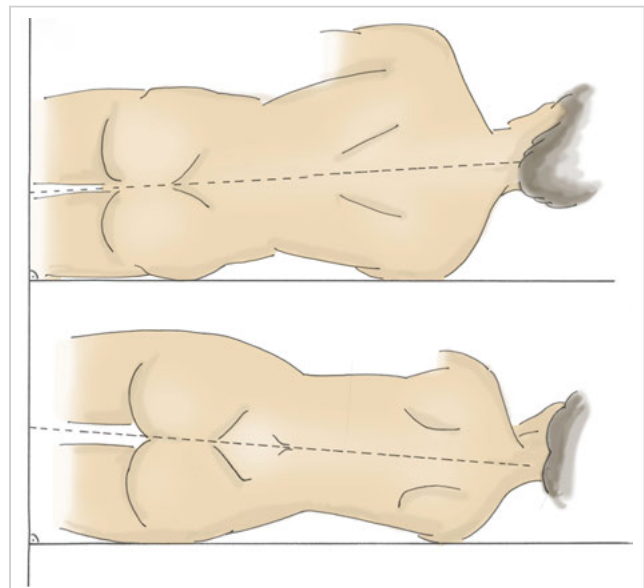


Abb. 16.38 Verlauf der Wirbelsäule in Seitenlage. Leichter Anstieg nach kranial beim Mann (oben), leichter Abfall nach kranial bei der Frau (unten).

nial. Bei flacher Rückenlage kann daher durch eine Trendelenburg-Lagerung (Beine hoch, Kopf tief) die Ausbreitung hyperbarer Lokalanästhetika nicht wesentlich beeinflusst werden [689].

Werden allerdings Oberkörper und Schultern des Patienten durch ein Keilkissen unterpolstert oder werden die Beine in Steinschnittlagerung platziert, kann die Lendenlordose aufgehoben werden. Dadurch wird eine gleichmäßige Verteilung im Lenden- und unteren Thorakalbereich ermöglicht. Außerdem kann hierdurch ein zu hohes Aufsteigen des hyperbaren Lokalanästhetikums verhindert bzw. durch Lagerungsmanöver (leichte Oberkörperhochlagerung bzw. Oberkörpertieflagerung) kann die Ausbreitung nach kranial beeinflusst werden.

Bei einer Seitenlagerung des Patienten sind folgende anatomische Aspekte zu berücksichtigen (falls der Patient horizontal gelagert ist): Während die Wirbelsäule bei Frauen wegen des breiteren Beckens und der schmalen Schultern nach kranialwärts leicht abfällt, steigt sie dagegen bei Männern mit schmalen Hüften und breiteren Schultern kranial leicht an (► Abb. 16.38). Daher kann sich ein hyperbares Lokalanästhetikum schon während der Injektion in Seitenlage je nach Habitus nach kranial oder kaudal ausbreiten. Nach Umlagerung auf den Rücken verteilt sich das Lokalanästhetikum in der Regel auch auf die vorher oben liegende Seite.

Isobare versus hyperbare Lokalanästhetika (► Tab. 16.9)

Bei Verwendung isobarer Lokalanästhetika setzt die Blockade etwas langsamer ein als nach hyperbaren Lokalanästhetika. Der langsamere Blockadebeginn der isobaren Lokalanästhetika ist vielleicht der Grund dafür, dass bei dieser Technik Blutdruckabfälle und Bradykardien seltener auftreten als bei Verwendung von hyperbaren Lokalanästhetika. Bei isobaren Lokalanästhetika hält die Wirkung etwas länger an als bei hyperbaren.

Tab. 16.9 Unterschiede zwischen isobaren und hyperbaren Lokalanästhetika bei der Spinalanästhesie.

Kriterium	isobare Lokalanästhetika	hyperbare Lokalanästhetika
Osmolarität	260–300 mosmol/l	345–800 mosmol/l
Blockadebeginn	langsamer	schneller
Ausbreitung abhängig von der Lagerung des Patienten	nein (kaum)	ja (deutlich)
Wirkungsdauer	etwas länger	etwas kürzer
Blutdruckabfall und/oder Bradykardie	seltener	häufiger

Isobare Lokalanästhetika haben eine Osmolarität von 260–300 mosmol/l. Hyperbare Lösungen haben durch ihren Glucosezusatz eine deutlich höhere Osmolarität von 345–800 mosmol/l. Die isobaren Lokalanästhetika dürften daher gewebeverträglicher sein. Dennoch wird in neueren Arbeiten festgestellt, dass die Neurotoxizität (S.350) und die Inzidenz neurologischer Defizite (S.443) nach einer Spinalanästhesie mit hyperbaren Lokalanästhetika nicht höher ist als bei Verwendung eines isobaren Lokalanästhetikums. Während nach Gabe eines isobaren Lokalanästhetikums der Patient sofort in die Operationslagerung gebracht werden kann, sollte dies bei hyperbaren Lokalanästhetika erst nach einigen Minuten geschehen. Würde wegen stärkerem Blutdruckabfall nach Anlage einer Spinalanästhesie eine Oberkörper tieflage vorgenommen, könnte es bei Verwendung eines hyperbaren Lokalanästhetikums – und aufgehobener Lendenlordose (S.437) – zu einem weiteren Aufsteigen des sensiblen Niveaus kommen. Deshalb dürfen in diesem Fall nur die Beine hochgelagert werden. Auch bei Lagerungsmaßnahmen (z.B. beim Ablegen des Patienten nach einer kurzen Operation) kann das Niveau ungewollt weiter ansteigen und mögliche Ursache für eine plötzliche Bradykardie und/oder Asystolie sein [706].

Die isobaren Lokalanästhetika eignen sich v.a. bei folgenden Indikationen:

- kardiovaskulär gefährdete Patienten (ein Blutdruck- und Frequenzabfall ist seltener und geringer als bei hyperbaren Lokalanästhetika)
- respiratorisch gefährdete Patienten (eine evtl. Kopftieflagerung zur Beeinflussung des Analgesie-Niveaus entfällt)
- Operationstisch oder Bett, auf dem der Patient gelagert wird, kann nicht gekippt und damit die Ausbreitung nicht beeinflusst werden
- evtl. Kopftieflagerung des Patienten während der Operation notwendig (bei hyperbarem Lokalanästhetikum könnte durch dieses Lagerungsmanöver das sensible Niveau ungewollt weit aufsteigen)

Merke

M!

Vielorts wird normalerweise die Verwendung isobarer Lokalanästhetika bevorzugt. Die Anwendung eines hyperbaren Lokalanästhetikums ist jedoch für die Durchführung einer Halbsseiten-spinale oder eines Sattelblocks zwingend.

Opioide – spinale Gabe

Manchmal wird empfohlen, zusätzlich zum Lokalanästhetikum eine niedrig dosierte Morphin-Dosis spinal zu verabreichen (z.B. 0,15 mg; [656]). Bei Dosierungen von mehr als 0,25 mg spinal appliziertem Morphin sind gehäuft verzögert auftretende Atemdepressionen (S.452) zu befürchten. Durch zusätzliche spinale Gabe von 0,1 mg Morphin konnte die Zeitspanne bis zur Anforderung der ersten postoperativen Analgetika-Gabe mehr als verdoppelt werden [597]. Manchmal werden auch 25 µg Fentanyl oder inzwischen v.a. 2,5–5 µg Sufentanil zum spinal applizierten Lokalanästhetikum empfohlen. Insbesondere für eine Sectio caesarea wird in den letzten Jahren – zur Minimierung des Blutdruckabfalls bei Wirkungsbeginn der Spinalanästhesie – oft eine sog. Low-Dose-Spinalanästhesie (S.1248) (z.B. 7,5–10 mg Bupivacain 0,5% plus 5 µg Sufentanil) empfohlen/verabreicht. Bei den lipophilen Opioiden (Sufentanil, Fentanyl) ist das Risiko einer verzögert auftretenden Atemdepression geringer als bei hydrophilen Opioiden (S.452) (Morphin). Lediglich für Morphin liegt jedoch eine offizielle Zulassung für eine intraspinale Gabe als Zusatz zu einem Lokalanästhetikum vor.

Clonidin – spinale Gabe

Auch ein Zusatz von 60–150 µg Clonidin wurde wiederholt propagiert. Hierdurch kann eine Wirkungsverlängerung der Spinalanästhesie erzielt werden. Mögliche Nebenwirkungen können (verzögert auftretende) Hypotensionen, Bradykardie und Sedierung sein. Die Kreislaufparameter sind daher für 2 Stunden entsprechend zu überwachen. Für die intrathekale Gabe von Clonidin liegt keine (!) offizielle Zulassung vor.

Ausbreitung

Wie viel Lokalanästhetikum benötigt wird um bei der Single-Shot-Spinalanästhesie ein Aufsteigen der sensiblen Blockade bis zu einem bestimmten Punkt, d.h., um ein bestimmtes sensibles Niveau zu erzielen, kann im Einzelfall nicht genau vorausgesagt werden (Übersicht bei [635]). Es wurde vermutet, dass 25 Faktoren die Ausbreitung des Lokalanästhetikums im Spinalraum beeinflussen [605].

Einen wichtigen Einfluss auf die Ausbreitung haben:

- Dosis des injizierten isobaren Lokalanästhetikums: Je höher die verwendete Dosis eines bestimmten Lokalanästhetikums ist, desto größer ist die zu erwartende Ausbreitung der Spinalanästhesie:

Merke

M!

Entscheidend für die Ausbreitung von subarachnoidal verabreichtem isobarem Lokalanästhetikum ist nicht das Volumen oder die Konzentration der Lösung, sondern die verabreichte Dosis (!) in Milligramm ([699]; [707]). Zum Beispiel könnte mit 2,5 ml einer 0,5%igen Bupivacain-Lösung (= 12,5 mg) eine vergleichbare Ausbreitung erzielt werden wie mit 5 ml 0,25%igem Bupivacain (= 12,5 mg).

- spezifisches Gewicht des Lokalanästhetikums (hyper- oder isobar) bzw. der Mischlösung aus Lokalanästhetikum und Aditivum (z. B. Opioid, Clonidin): Entgegen der bisher üblichen Meinung sind isobare Lokalanästhetika oder Mischlösungen oft leicht hypobar (Übersicht bei [635]).
- spezifisches Gewicht des Liquors: Die Dichte des Liquors unterliegt erheblichen interindividuellen Schwankungen (Übersicht bei [635]). Das spezifische Gewicht des Liquors ist auch vom Hormonstatus (Geschlecht, Schwangerschaft, Menopause) abhängig.
- Lagerung des Patienten bei und nach der Injektion eines hyperbaren Lokalanästhetikums
- Liquormenge des Patienten (größere interindividuelle Schwankungen des lumbosakralen Liquorvolumens; z. T. bis um den Faktor 2; [575]): Die Liquormenge ist bei erhöhtem intraabdominalen Druck (z. B. bei Schwangeren, Aszites) vermindert.
- Anatomie des Spinalkanals, Unterschiede in der Wirbelsäulenkrümmung

Einen geringen Einfluss auf die Ausbreitung haben:

- Alter und Größe des Patienten
- Injektionsgeschwindigkeit [694]: Obwohl häufig vermutet wird, dass eine schnellere Injektion stärkere Turbulenzen verursacht und deshalb das Lokalanästhetikum deutlich weiter nach oben gewirbelt wird, scheint dies nur einen geringen Einfluss zu haben.
- Temperatur des Lokalanästhetikums
- Höhe des Punktionsortes

Keinen Einfluss auf die Ausbreitung haben:

- Gewicht
- Geschlecht
- Barbotage (wiederholte Aspiration von Liquor)
- Richtung der Kanülenspitze
- Zusatz von Adrenalin zum Lokalanästhetikum
- Husten, Pressen (z. B. Geburtswehen)

Angestrebt wird meist eine Ausbreitung der Analgesie bis ungefähr zur Nabelhöhe (Th 10; ► Abb. 16.25). Etwa 3(–3,5) ml Bupivacain 0,5% isobar führen zu einem mittleren Analgesie-Niveau bis Th 10. Das sensible Niveau kann bei einer Single-Shot-Spinalanästhesie öfter zu gering oder zu hoch aufsteigen. Nach lumbaler Injektion (L3/L4) von hyperbarem Bupivacain 0,5% sind starke Schwankungen des erzielten sensiblen Niveaus beschrieben (Th 1–Th 10; [645]). Ein zuverlässiger Anhalt für den Bedarf an Lokalanästhetikum, um ein bestimmtes sensibles Niveau bei einem bestimmten Patienten zu erreichen, ist das bei einer evtl. vorausgegangenen Spinalanästhesie angewandte Vorgehen. Werden beim selben Patienten bei einer wiederholten Spinalanästhesie die gleichen Bedingungen bezüglich Punktion und Dosis an Lokalanästhetikum eingehalten, kann mit großer Zuverlässigkeit eine ähnliche Ausbreitung der Spinalanästhesie erwartet werden ([698]; [702]).

Austesten der sensiblen Ausbreitung

Zum Austesten der sensiblen Ausbreitung einer Spinalanästhesie eignet sich am besten ein mittels Eiswürfel oder mittels alkoholhaltigem Desinfektionsspray gesetzter Kältereiz. Die Pa-

tienten geben im betäubten Gebiet kein Kältegefühl mehr an. Bei Ausbreitung der Spinalanästhesie z. B. bis zum Nabel (= Th 10) empfindet der Patient oberhalb des Nabels einen normalen Kältereiz, im betäubten Gebiet unterhalb des Nabels gibt er eher ein Wärmegefühl bei Berührung mit dem Kältereiz an. Das Austesten der Spinalanästhesie durch Schmerzreize wie z. B. Kneifen, Nadelstiche und Ähnlichem sollte möglichst vermieden werden (Kap. 15.1.2).

Merke

M!

Es ist zu beachten, dass das sensible Niveau normalerweise ca. 4 Segmente höher liegt als das motorische Niveau. Die Blockade des Sympathikus (S. 428) liegt meist nochmals (ca. 2 Dermatome) höher als die sensible Blockade.

Mögliche Nebenwirkungen

Blutdruckabfall

Ursache eines Blutdruckabfalls ist normalerweise die schnell einsetzende Sympathikusblockade (Kap. 15.1.2) mit arterieller und v. a. venöser Vasodilatation. Aufgrund der einsetzenden Vasodilatation mit venösem Pooling nehmen der venöse Rückstrom (Preload (S. 511)) und damit auch das Herzminutenvolumen ab. Bemerkenswerterweise führen ein verminderter venöser Rückstrom und ein Abfall des Herzminutenvolumens im Rahmen einer Spinalanästhesie zu keiner kompensatorischen Tachykardie über die Barorezeptoren im Karotissinus und Aortenbogen. Ein deutlich verminderter Preload mit erniedrigtem rechtsatrial-ventrikulärem Druck kann zu einer reflektorischen Bradykardie mit weiterem Abfall des Herzminutenvolumens führen (paradoxe Auslösung des Bainbridge-Reflexes (S. 428) und des Bezold-Jarisch-Reflexes (S. 429)).

Merke

M!

Leichte Blutdruckabfälle beruhen auf einer Abnahme des totalen peripheren Gefäßwiderstandes. Starke Blutdruckabfälle sind meist durch eine zusätzliche kritische Abnahme des Herzminutenvolumens (verminderter Preload, Bradykardie) bedingt. Der Blutdruckabfall ist bei vorbestehender Hypovolämie oder Hypertension ausgeprägter. In den nicht blockierten Körperbereichen kommt es zu einer kompensatorischen Vasokonstriktion. Um einem solchen Blutdruckabfall vorzubeugen wird inzwischen weniger eine vorherige Prähydratation, sondern v. a. eine zügige Flüssigkeitsgabe während (!) der Anlage der rückenmarksnahen Regionalanästhesie, eine sog. Cohydratation (S. 429), empfohlen.

Bei kardiovaskulär gesunden Patienten kann ein Blutdruckabfall bis ca. 20–30% unter den Normalwert toleriert werden (Kap. 30.1). Der Blutdruckabfall führt zwar zu einem verminderten myokardialen O₂-Angebot, die gleichzeitig verminderte Nachlast führt jedoch zu einem ähnlich großen Abfall des myokardialen O₂-Bedarfs, sodass Blutdruckabfälle bis ca. 30% folgenlos bleiben sollten.

Insbesondere bei Patienten mit **Koronar-** oder **Zerebralsklero-**se muss ein stärkerer Blutdruckabfall vermieden bzw. sofort therapiert werden, denn diese Patienten tolerieren Blutdruckabfälle schlecht (Kap. 30.1). Da ein stärkerer Blutdruckabfall meist Folge eines verminderten venösen Rückstroms mit reflektorischer Bradykardie und Abfall des Herzminutenvolumens ist, kann zuerst der venöse Rückstrom verbessert werden, z. B. durch adäquate Lagerung des Patienten (Beine hoch; **Cave:** bei hyperbarer Spinalanästhesie kann eine Trendelenburg-Lagerung zum weiteren Hochsteigen der Spinalanästhesie führen). Zusätzlich ist Sauerstoff (z. B. 2 l/min über Nasensonde) zu verabreichen. Gegebenenfalls ist eine zusätzliche rasche intravenöse Volumengabe indiziert. Eine überschießende Volumengabe kann jedoch bei älteren Patienten mit grenzwertiger Herzleistung zu einer Dekompensation führen. Auch eine nach einer rückenmarksnahen Regionalanästhesie vorübergehend noch bestehende Miktionsbehinderung spricht (v. a. bei Männern mit einer Prostatahypertrophie) gegen eine zu großzügige Volumengabe.

Die Applikation von blutdrucksteigernden Medikamenten ist spätestens dann gerechtfertigt, wenn es durch die bisherigen Maßnahmen (v. a. adäquate Lagerung) nicht gelingt, die Kreislaufverhältnisse sofort zu stabilisieren. Ziel muss jedoch nicht unbedingt nur eine Anhebung des peripheren Gefäßwiderstandes, sondern kann auch eine primäre Anhebung des Herzminutenvolumens sein. Hierzu eignet sich v. a. Akrinor (z. B. wiederholt 1–2 ml einer 2 : 8 verdünnten Ampulle), das v. a. das Herzminutenvolumen über seine positiv inotrope Wirkung (S. 594) steigert. Meist wird eine Akrinor-Gabe auch als erste Maßnahme durchgeführt. In der Geburtshilfe wird inzwischen v. a. Phenylephrin (S. 1249) empfohlen. In Extremfällen kann auch eine Adrenalin-Gabe notwendig werden. Durch intravenöse Gabe von Atropin können hierbei die Herzfrequenz und das Herzminutenvolumen nicht gesteigert werden.

Bradykardie

Die Sympathikusblockade reicht meist ca. 6 Segmente höher als die sensible Blockade und ca. 4 Segmente höher als die Temperaturdiskriminierung. Die Ursache ist darin zu sehen, dass die im Spinalraum nach kranial abnehmende Konzentration des Lokalanästhetikums noch für die leicht blockierbaren präganglionär sympathischen Fasern, nicht jedoch für die schwerer blockierbaren Schmerzfasern ausreicht. Steigt die sensible Blockade höher als bis Th 10 und damit die ca. 6 Segmente höher reichende Sympathikusblockade weiter als bis zu den Brustwarzen auf (Th 4; ► Abb. 16.25), dann können die aus Th 1–Th 4 kommenden sympathischen Fasern des Herzens – Nn. accelerantes (S. 428) – blockiert werden, d. h., die parasymphatische (Vagus-)Wirkung auf das Herz kann überwiegen, und es kann eine Bradykardie (S. 428) auftreten. Der evtl. eintretende Frequenzabfall kann z. B. mit Atropin (0,25–0,5 mg i. v.; Kap. 23.1), ein evtl. eintretender Frequenz- und Blutdruckabfall evtl. mit Adrenalin (wiederholt 0,05 mg i. v. (S. 593)) therapiert werden. Ist die Bradykardie dagegen durch das venöse Pooling mit vermindertem venösen Rückfluss und dadurch ausgelöster reflektorischer Frequenzverlangsamung (mit-)bedingt, dann ist die oben unter „Blutdruckabfall“ beschriebene Therapie (zusätzlich) notwendig.

Die Inzidenz einer Asystolie nach Anlage einer Spinalanästhesie wurde mit 2,7 pro 10 000 [555] oder mit 2,9 pro 10 000 [624], z. T. auch nur mit 0,06 pro 10 000 [581] angegeben. Das Risiko einer Asystolie scheint unabhängig von Alter, ASA-Gruppe, kardialen Vorerkrankungen oder operativem Eingriff zu sein. Sie kann kurz nach der Anlage der Spinalanästhesie auftreten, ist aber auch erst deutlich verzögert möglich. Als Ursache werden eine Imbalance zwischen sympathischer und parasymphathischer Aktivität [666], eine Blockade der aus Th 1–4 kommenden sympathischen Fasern des Herzens (Nn. accelerantes) oder eine reflektorische Bradykardie bei stark vermindertem venösen Rückfluss (vgl. Bezold-Jarisch-Reflex (S. 429), Bainbridge-Reflex (S. 428)) genannt.

Postspinaler Kopfschmerz

Durch das punktionsbedingte Leck in der Dura kann nach der Punktion Liquor aus dem Spinalraum in den Periduralraum abfließen. Durch diesen Liquorverlust (Unterdrucksyndrom) kann es evtl. zu geringfügigen Verlagerungen von Gehirn und Rückenmark mit Zug an Hirnhäuten, Hirnnerven und -gefäßen kommen. Aufgrund des Unterdrucks im Liquorsystem kommt es außerdem zu einer Zunahme des intrakraniellen Blutvolumens mit Gefäßerweiterung [563]. Durch diese Mechanismen können meist starke Kopfschmerzen auftreten, die öfter analgetikaunempfindlich sind. Die International Headache Society definiert den **postpunktionellen Kopfschmerz (PPKS)** als einen Kopfschmerz, der sich innerhalb von 5 Tagen nach einer Durapunktion einstellt, der innerhalb von 15 Minuten nach Einnahme der aufrechten Körperhaltung einsetzt oder sich verschlechtert und der sich innerhalb von 15 Minuten nach dem Hinlegen bessert oder wieder verschwindet [615]. In ca. 90% beginnen die Kopfschmerzen innerhalb von 3 Tagen. Differenzialdiagnostisch muss stets eine bakterielle meningale Reizung anhand einer klinischen Untersuchung (z. B. Fieber, Somnolenz, Nackensteifigkeit, Opisthotonus, positives Kernig-, Brudzinski- und/oder Lasègue-Zeichen) ausgeschlossen werden. Differenzialdiagnostisch kommen auch z. B. eine intrakranielle Blutung, eine Sinus-Venen-Thrombose, eine aseptische Meningitis (durch Inokulation eines chemischen Irritans [Desinfektionsmittels] in den Liquor cerebrospinalis) oder eine bakterielle bzw. virale Meningitis infrage. Die **Inzidenz** postspinaler Kopfschmerzen weist bei 20- bis 30-Jährigen ein Maximum auf, nimmt danach mit zunehmenden Alter ab [708]. Bei Kindern und bei Erwachsenen > 60 Jahre sind postspinale Kopfschmerzen selten. Die Inzidenz bei Frauen wird doppelt so hoch angegeben wie bei Männern [564]. Hierzu gibt es allerdings auch widersprüchliche Studien. Bei Schwangeren (z. B. Sectio caesarea in Spinalanästhesie) ist die Inzidenz sicherlich deutlich höher. Risikofaktoren für postspinale Kopfschmerzen sind außerdem Migräne, chronische Kopfschmerzen oder bereits frühere postspinale Kopfschmerzen in der Anamnese sowie ein geringer Body-Mass-Index.

Die postspinalen Kopfschmerzen können alle Schweregrade aufweisen, von leichtem Druckgefühl bis zu unerträglichen Schmerzen. Bei wiederholter Duraperforation (z. B. erneuter Punktion bei unzureichender Primärwirkung) nimmt das Risiko postspinaler Kopfschmerzen signifikant zu [686]. Der während des Punktionvorganges durch die Punktionskanüle abtropfen- de Liquor ist für das Auftreten von postspinalen Kopfschmerzen

von untergeordneter Bedeutung. Entscheidend ist der spätere Liquorabfluss durch das Punktionsloch in den Periduralraum. Dieser Liquorverlust ist v. a. von 3 Faktoren abhängig:

- vom hydrostatischen Druck über dem Dura-Leck
- der Liquorproduktionsrate
- der Größe des Dura-Lecks

► **Hydrostatischer Druck.** Je höher der hydrostatische Liquordruck im Bereich des Dura-Lecks ist, desto mehr Liquor wird abfließen und desto stärker wird der Kopfschmerz sein. Beim stehenden Patienten beträgt im lumbalen Bereich der hydrostatische Druck im Subarachnoidalraum ca. 40–50 cm Wassersäule. Leitsymptom der postspinalen Kopfschmerzen ist daher auch die Lageabhängigkeit. Der postspinale Kopfschmerz tritt auf, sobald sich der Patient erhebt. Legt sich der Patient hin, verschwinden die postspinalen Kopfschmerzen wieder.

► **Liquorproduktionsrate.** Die Liquorproduktion beträgt ca. 400–600 ml/d [614]. Bei einem Liquorverlust kann die Liquorproduktion enorm zunehmen, es können daher beträchtliche Mengen an Liquor pro Tag über ein Dura-Leck in den Periduralraum abfließen.

Merke

M!

Die noch häufiger ausgesprochene Empfehlung, postoperativ größere Mengen zu trinken, um eine Steigerung der Liquorproduktion zu induzieren, ist nicht Erfolg versprechend, denn die Liquorproduktion ist ein aktiver Prozess und daher nur wenig vom Hydratationszustand abhängig.

► **Größe des Dura-Lecks:** Durch die Benutzung dünner Spinalkanülen sowie durch Verwendung von Kanülen mit speziell geformter Spitze (► Abb. 16.39) lässt sich die Inzidenz postspinaler Kopfschmerzen deutlich reduzieren. Im Rahmen von diagnostischen Punktionen oder Myelographien werden oft noch relativ dicke Kanülen (z. B. 20–22 G) verwendet. Die Inzidenz an postpunktionellen Kopfschmerzen wird hierbei meist mit ca. 20–30% angegeben. Da bei Verwendung dünnerer Kanülen die Inzidenz postspinaler Kopfschmerzen signifikant abnimmt, sollten inzwischen möglichst nur noch ca. 25 G starke Kanülen für die Spinalanästhesie verwendet werden. (Werden allerdings ultradünne Spinalkanülen [z. B. 27 G oder noch dünner] verwendet, dann sind vermehrt technische Probleme wie Verbiegen oder Ablenkung der Kanüle bei der Punktion, verzögerter Liquorrückfluss und damit u. U. Nichterkennen der korrekten Lage der Kanülenspitze im Spinalraum zu erwarten.) Bei Spinalkanülen mit 22–25 G wird eine Versagerquote bei der Spinalanästhesie von 2–5%, bei Spinalkanülen mit 29 G bzw. mit 30 G von 6–8 bzw. 25% angegeben. Wird eine **Spinalkanüle mit Quincke-Schliff** verwendet, sollte der Kanülenschliff bei der Durapunktion nach lateral zeigen. Dadurch kann die Inzidenz postspinaler Kopfschmerzen signifikant vermindert werden [644], da die v. a. von kranial nach kaudal verlaufenden Fasern der Dura mater auseinander gedrängt werden. Zeigt der Kanülenschliff jedoch nach kranial oder kaudal, so werden diese Fasern zerschnitten. Die korrekte Kanülenausrichtung scheint wichtiger zu sein als z. B. Kanülengröße, Alter des Patienten oder Geschlecht ([644]; [637]). Auch durch Verwendung von

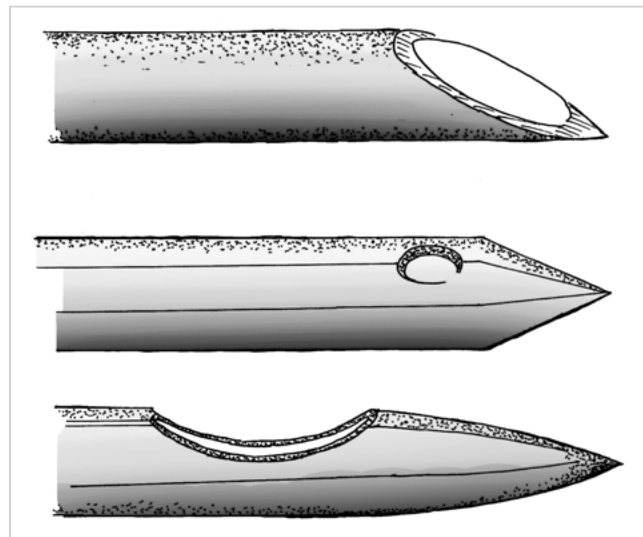


Abb. 16.39 Spinalkanülen. Spinalkanüle mit Quincke-Schliff (oben), Whitacre-Kanüle („pencil-point needle“, Mitte) und „atraumatische“ Spinalkanüle nach Sprotte (unten).

Kanülen mit einer konischen (bleistiftspitzenartigen) Kanülenspitze (Whitacre-Kanüle) kann ein Zerschneiden der Fasern verhindert werden.

Die sog. atraumatische **Sprotte-Kanüle** ist eine Weiterentwicklung des Konstruktionsprinzips der Whitacre-Kanüle (► Abb. 16.39). Vorteil dieser (relativ teuren) Kanüle ist die geringe Wandstärke und das relativ große Innenlumen. Der Liquor läuft damit gut zurück. Die Kanüle ist sehr stabil und gut zu handhaben. Das seitliche Loch ist größer als der Innendurchmesser. Dadurch kommt es – im Unterschied zur Whitacre-Kanüle – zu keinem Düseneffekt an der Nadelspitze bei der Injektion. Die Sprotte-Kanüle zeichnet sich durch eine sehr geringe Kopfschmerzinzidenz aus ([691]; [578]; [617]; [676]).

Merke

M!

Inzwischen wird die Sprotte-Kanüle vielerorts als Standard-Spinalkanüle eingesetzt.

Für Quincke-Kanülen mit 22, 25 bzw. 27 Gauge wurden Kopfschmerzinzidenzen von ca. 19, 14 bzw. 2,5% und für konische Punktionskanülen mit 22, 25, bzw. 27 Gauge von ca. 6,5, 1 bzw. 0,5% angegeben. Je dünner eine Spinalkanüle ist, desto größer ist allerdings die Gefahr, dass die Kanüle beim Vorschieben nicht genau nach vorne ins Gewebe eindringt, sondern sich verbiegt und von dem gedachten Stichkanal mehr oder weniger abweicht.

Zur **Therapie** postspinaler Kopfschmerzen haben sich Bettruhe, Flachliegen, Analgetika und Antiemetika bewährt. Aus Tradition wird noch in manchen Kliniken bei Patienten, die eine Spinalpunktion hatten, wegen der Gefahr postspinaler Kopfschmerzen prophylaktisch eine 12- (bis 24-)stündige Bettruhe verordnet. Der Wert dieser Maßnahme ist genauso wenig belegt wie eine großzügige Flüssigkeitszufuhr (S. 441). Zur Therapie postspinaler Kopfschmerzen kann auch eine straffer angelegte Bauchbinde versucht werden. Durch diese Erhöhung des

intraabdominalen Drucks kann ein vermehrter venöser Blutfluss über die Periduralvenen mit Erhöhung des Liquordrucks und Besserung der postspinalen Kopfschmerzen erzielt werden. Der Erfolg dieser Maßnahmen ist aber nicht wissenschaftlich belegt. Zur medikamentösen Therapie gibt es relativ wenige Studien [557]. Es kann die ca. 2- bis 3-tägige konsequente Gabe eines antipyretischen Analgetikums (Paracetamol oder ggf. Metamizol) versucht werden. Es wird auch die Gabe von Theophyllin ($3 \times$ ca. 300 mg/d oral) empfohlen. Auch Coffein (mehrere Tassen Kaffee pro Tag) wird empfohlen. Theophyllin und Coffein sollen die durch den Liquorunterdruck erweiterten Zerebralgefäße wieder verengen. Für das Migränemedikament Sumatriptan konnte kein Effekt nachgewiesen werden.

Die spontane Heilungsrate ist bei postspinalen Kopfschmerzen sehr hoch. Nach 4 Tagen kann in ca. 53%, nach 7 Tagen in 72% und nach 6 Wochen in ca. 85% mit einer Spontanheilung gerechnet werden [708]. Falls ein intensiver postspinaler Kopfschmerz trotz obiger Maßnahmen mehrere Tage bestehen bleibt, kann – nach Ausschluss anderer Ursachen (z. B. intrakranielle Raumforderung) – eine peridurale autologe Blutinjektion, eine sog. Blutplombe („blood patch“), angelegt werden. Die Idee der Blutplombe geht auf die Feststellung zurück, dass es nach einer blutigen Spinalpunktion wesentlich seltener zu postspinalen Kopfschmerzen kommt als nach einer unblutigen Punktion. Für einen „blood patch“ werden ca. 10–20 ml steril entnommenes venöses Eigenblut in den Periduralraum (vorzugsweise in Höhe der ehemaligen Spinalpunktion; ggf. im Nachbarsegment) injiziert. Idealerweise wird die Durchführung von 2 Personen vorgenommen. Einer sucht den Periduralraum auf, der andere entnimmt danach unter hoch sterilen Kautelen das Eigenblut und übergibt es dem Punktierenden. Der Periduralraum wird – wie bei der Periduralanästhesie (S.447) beschrieben – mit der Widerstandsverlustmethode aufgesucht. Da das injizierte Blut gerinnt, verschließt sich das Dura-Leck meist innerhalb von ca. 30 Minuten. Die Erfolgsquote wird bei Mittelung mehrerer Studien mit ca. 93% angegeben [600]. Meist wird empfohlen, dass der Patient nach Anlegen der Blutplombe noch ca. 1–2 Stunden liegen bleiben sollte. Dadurch kann die Rezidivrate gesenkt werden. Danach kann der Patient ggf. entlassen werden [563]. Eine Blutplombe hat jedoch wie jede therapeutische Maßnahme Risiken, deren Inzidenz häufiger ist als zumeist angenommen wird [642]. An leichten Nebenwirkungen können Rückenschmerzen und Rückensteife, Nackenschmerzen, Parästhesien und Dysästhesien auftreten. Es besteht auch die Gefahr einer erneuten Duraverletzung mit Verschlimmerung der Kopfschmerzen. Im Extremfall kann es zu periduralem Abszess, adhäsiver Arachnoiditis oder Obliteration des Periduralraums kommen. Die Inzidenz dieser ersten Komplikationen wurde mit 0,01–0,08% errechnet [642]. Über die Risiken einer Blutplombe soll deshalb aufgeklärt werden [642].

Anstatt eines Blut-Patches wurde auch eine peridurale Infusion von ca. 1 000–1 500 ml Ringer-Lactat pro Tag oder die Injektion eines Kolloids empfohlen. Die Wirkung ist wissenschaftlich nicht belegt.

Vor Anlage eines Blut-Patches sind evtl. bestehende Hämostasestörungen auszuschließen (s. a. Kap. 16.3.4). Es ist z. B. auch zu klären, ob bisher evtl. eine Therapie der Kopfschmerzen mit Acetylsalicylsäure durchgeführt wurde (S.394) oder ob eine sonstige Kontraindikation (z. B. Bakteriämie) besteht.

Hirnnervenstörungen und neurologische Schädigungen

Durch einen Liquorverlust kann es zu geringfügigen Verlagerungen des ZNS und damit zum Zug an **Hirnnerven** kommen. Insbesondere der VI. Hirnnerv, der N. abducens, ist hiervon betroffen, wodurch vorübergehende Sehstörungen (Doppelbilder) möglich sind. Nach einer Spinalanästhesie können auch Hörstörungen auftreten. Diese sind aber in den meisten Fällen nicht durch eine Irritation des VIII. Hirnnervs bedingt, sondern sie werden vermutlich durch eine Hypotension der cochleären Flüssigkeit bewirkt. Dies wird durch eine anatomische Verbindung zwischen Cochlea und Subarachnoidalraum möglich: Ein Druckabfall im Subarachnoidalraum bewirkt über diese anatomische Verbindung auch einen Druckabfall in der cochleären Flüssigkeit. Auch andere Hirnnerven können einzeln oder in Kombination betroffen sein (Übersicht bei [673]).

Eine **Rückenmarksverletzung** ist bei zu hoher Spinalpunktion denkbar. Durch Verletzung einer Nervenwurzel können auch vorübergehende oder bleibende Nervenschädigungen auftreten. Zwei Drittel der Patienten mit einem neurologischen Defizit nach einer Spinalanästhesie klagten entweder über Parästhesien bei der Punktion oder über Schmerzen bei der Injektion [554]. Die Inzidenz neurologischer Probleme nach einer Spinalanästhesie wurde in einer prospektiven Studie mit 5,9:10 000 angegeben [554]. Zum größten Teil handelte es sich um vorübergehende (radikuläre) Defizite. Nach einer Metaanalyse liegt die Rate permanenter neurologischer Defizite bei 0–4,2 pro 10 000 Spinalanästhesien [569]. In extrem seltenen Fällen muss aufgrund des Liquorverlustes nach einer Spinalanästhesie mit dem Auftreten eines zerebralen **subduralen Hämatoms** gerechnet werden. Ursache sind die durch den Liquorverlust auftretenden Verlagerungen des ZNS mit Zug an Meningen und Gefäßstrukturen, wodurch ein venöses Gefäß einreißen kann. Bei persistierenden Kopfschmerzen, die nicht typisch lageabhängig sind und bei denen es evtl. zu Erbrechen, Unruhe und Verwirrtheit kommt, muss daher an ein subdurales Hämatom gedacht werden. Es ist dann eine zerebrale Computertomographie durchzuführen. Auch ein punktionsbedingtes **peridurales Hämatom** mit Nervenkompression ist denkbar. Die Inzidenz ist deutlich höher als die früher oft angegebene Inzidenz von 1:220 000 (S.384) (Diagnostik und Therapie (S.398)). Nach einem oft unvermeidbaren Durchstechen eines der zahlreichen venösen Gefäße des Periduralraums kann – v. a. bei vorbestehenden Hämostasestörungen – ein Hämatom im Periduralraum entstehen. Im Extremfall kann es hierdurch zur Kompression des Rückenmarks mit Querschnittssymptomatik kommen (Diagnostik und Therapie s. Kap. 16.3.8).

„Hohe“ und „totale“ Spinalanästhesie

Bei zu hohem Aufsteigen einer Spinalanästhesie kann es zur Hemmung der interkostalen Atemmuskulatur, zur Blockade des Herzsympathikus mit Bradykardie und – v. a. bei vorbestehender Hypovolämie – zu ausgeprägtem venösem Pooling mit Abfall von Vorlast und Herzminutenvolumen und dadurch zu Blutdruckabfall und zu reflektorischer Bradykardie kommen. Von einer **„hohen“ Spinalanästhesie** wird normalerweise gesprochen, wenn die Blockade bis Th3 oder höher reicht. Therapeutisch sind eine Steigerung des venösen Rückstroms durch Vasopressoren-Gabe, Lagerung (S.440) und Volumengabe und eine

Sauerstoffgabe notwendig. Unter Umständen kann wegen der beeinträchtigten Atemmuskulatur eine Beatmung notwendig werden.

Bei Gabe einer zu hohen Dosis oder bei zu hohem Aufsteigen des Lokalanästhetikums trotz richtiger Dosierung kann es zu einer „totalen“ Spinalanästhesie kommen. Ein dabei drohender Herz-Kreislauf- und Atemstillstand ist nicht durch eine direkte Wirkung der Lokalanästhetika auf medulläre Strukturen bedingt, sondern Folge davon, dass Herzminutenvolumen und Blutdruck massiv abfallen und die Medulla oblongata unzureichend perfundiert wird. Entscheidend sind entsprechende Steigerungen von Herzminutenvolumen, Herzfrequenz und Blutdruck (S.439). Der Patient ist vorübergehend maschinell zu beatmen. Durch die Blockade des zentralen Parasympathikus ist auch eine vorübergehende Pupillendilatation möglich.

Systemisch toxische Komplikationen?

Durch Resorption der im Rahmen einer Spinalanästhesie verabreichten (niedrigen) Dosis eines Lokalanästhetikums können keine toxischen Nebenwirkungen resultieren. Beispielsweise ist die Plasmakonzentration von Bupivacain, bei der zerebrale Krampfanfälle auftreten können, fast 10-mal höher als die nach intrathekaler Injektion einer üblichen Lokalanästhetikadosis zu erwartende maximale Blutkonzentration. In einer prospektiven Studie wurde bei über 40 000 Spinalanästhesien in keinem Fall ein zerebraler Krampfanfall beobachtet [554].

Bakterielle Infektion mit Abszess/Meningitis

Um die Gefahr einer bakteriellen Kontamination mit dem Risiko eines Abszesses bzw. einer Meningitis zu vermeiden, ist besonders streng auf ein steriles Arbeiten zu achten. Es ist auf eine sorgfältige Desinfektion zu achten (Kap. 16.3.3). Bereits benutzte Tupfer oder Kanülen sollten nicht auf dem Abdecktisch abgelegt, sondern sofort abgeworfen werden. Der Schaft von Punktionskanülen sollte trotz steriler Handschuhe nicht berührt werden. Trotz steriler Handschuhe ist so zu arbeiten, als ob lediglich die Fingerspitzen steril wären. Erneutes Tasten der Beckenkämme oder sonstige Manipulationen sollten auch am steril abgedeckten Rücken vermieden bzw. auf ein Minimum beschränkt werden. Die Inzidenz einer eitrigen Meningitis oder eines periduralen Abszesses nach einer Spinal- oder Periduralpunktion wird mit ca. 2,5 pro 100 000 Punktionen angegeben [646]. Es werden aber auch deutlich höhere Inzidenzen (ca. 1:35 000–1:5 500) erwähnt (Kap. 80.5.5; Übersicht bei [665]). Zumeist werden hierbei koagulasenegative Staphylokokken (v. a. *Staphylococcus epidermidis*) oder *Staphylococcus aureus* als Erreger nachgewiesen.

Vorübergehender Harnverhalt

Da bei einer Spinalanästhesie die lumbalen Parasympathikusfasern blockiert werden und dadurch die Innervation der Blase gestört ist, kann es zu einem Harnverhalt und – v. a. bei großzügiger intravenöser Flüssigkeitsgabe – zu einer Überdehnung der Blase kommen. Diese äußert sich u. U. in stärksten Unterbauchschmerzen und erfordert eine Einmalkatheterisierung der Blase (in ca. 1,5–3% der Spinalanästhesien). Vor allem bei älteren Männern mit einer Prostatahyperplasie sollte daher

eine restriktive perioperative Volumenzufuhr durchgeführt werden. Kurzfristige Blutdruckabfälle sollten eher mit einem Vasokonstriktor und/oder einem entsprechenden Lagerungsmanöver (S.440) als mit einer übermäßigen Volumenzufuhr therapiert werden.

Übelkeit

Tritt kurz nach Anlegen einer Spinalanästhesie Übelkeit auf, muss an eine Hypotension mit zerebraler Minderperfusion gedacht werden. Die Therapie besteht v. a. in einer entsprechenden Vasokonstriktor- sowie evtl. auch einer Atropin-Gabe, in Lagerungsmanövern und/oder Volumengabe sowie in einer O₂-Gabe (S.440). Im Rahmen einer Spinalanästhesie kann es in bis zu 18% der Fälle zu einer Übelkeit und in bis zu 7% der Fälle zu Erbrechen kommen. Als Ursache wird ein hohes Aufsteigen der Spinalanästhesie mit Blockade der kardialen Sympathikusfasern (Nn. accelerantes) und damit Überwiegen des Parasympathikus angenommen. Als Therapie ist daher die Gabe von Atropin sinnvoll.

Rückenschmerzen

Nach einer Spinalanästhesie treten in bis ca. 25% Rückenschmerzen auf. Diese sind normalerweise nicht Folge der Punktion, sondern durch eine Überdehnung der Lendenlordose (aufgrund der Muskelrelaxation) bedingt. Nach einer Allgemeinanästhesie mit Muskelrelaxation treten (aufgrund des gleichen Mechanismus) ebenfalls in bis ca. 25% der Fälle postoperative Rückenschmerzen auf.

Transiente neurotoxische (neurologische) Symptome und Cauda-equina-Syndrom

Innerhalb weniger Stunden nach Abklingen einer Spinalanästhesie können symmetrische Rückenschmerzen auftreten, die ins Gesäß und die Beine ausstrahlen. Außerdem kann es zu Dysästhesien kommen. Als Ursache werden v. a. neurotoxische Nebenwirkungen von Lokalanästhetika (S.350) angeschuldigt. Insbesondere eine intrathekale Gabe von Mepivacain oder Lidocain verursacht vorübergehende, transiente neurotoxische/neurologische Symptome. Deutlich günstiger werden in dieser Hinsicht Ropivacain, Bupivacain und Prilocain beurteilt (zur Inzidenz vgl. Kap. 14.2.2). Mepivacain sollte und Lidocain darf daher nicht mehr für eine Spinalanästhesie verwendet werden ([585]; [717]).

Auch ein Cauda-equina-Syndrom kann nach einer Spinalanästhesie, v. a. nach einer kontinuierlichen Spinalanästhesie, auftreten. Deshalb wird diese Symptomatik bei der kontinuierlichen Spinalanästhesie (S.444) beschrieben. Als weiterer Risikofaktor wird eine intraoperative Steinschnittlagerung diskutiert, da es hierbei zu einer radiologisch nachweisbar erhöhten Spannung an den lumbosakralen Nervenwurzeln kommt.

Vasovagale Synkope

Eventuell kann eine vasovagale Synkope beim Anlegen der Spinalanästhesie auftreten.

Wesentliche Informationen zur Spinalanästhesie sind in ► Tab. 16.10 zusammengefasst.

Tab. 16.10 Kurzinformation Spinalanästhesie.

Kriterium	Details
Charakteristika	Punktionshöhe L3/L4 (oder tiefer); technisch relativ einfach
Einsatz	Eingriffe an der unteren Körperhälfte, also Unterbauchoperationen, Leisten-, Dammoperationen, Sectio caesarea und Eingriffe an den Beinen
Kontraindikationen	<ul style="list-style-type: none"> • allgemeine Kontraindikationen für Regionalanästhesieverfahren (► Tab. 16.1) • starke Hypovolämie • erhöhter intrakranieller Druck • relative Kontraindikationen <ul style="list-style-type: none"> ◦ anatomische Veränderungen im Bereich der Lendenwirbelsäule ◦ Kopfschmerzanamnese, z.B. Migräne ◦ jugendliche Patienten (aufgrund der häufiger auftretenden postspinalen Kopfschmerzen) ◦ neurologische Erkrankungen
Risiken	Blutdruckabfall, postspinale Kopfschmerzen, Hirnnervenstörungen, Meningitis, Harnverhalt
Medikamente	Dosis ist abhängig von der Höhe des angestrebten sensiblen Niveaus; iso- und hyperbare Lokalanästhetika verwendbar; häufige Dosierung: ca. 3 ml Bupivacain 0,5% isobar bei angestrebtem sensiblen Niveau von Th 10
Empfehlungen	häufig werden isobare Lokalanästhetika bevorzugt

Detailwissen

Kontinuierliche Spinalanästhesie

1899 wurde von August Bier erstmalig eine Operation in Spinalanästhesie durchgeführt [565] und bereits 1907 wurde von dem britischen Chirurgen H. P. Dean die kontinuierliche Spinalanästhesie beschrieben. Dabei wurde die Spinalkanüle für spätere Nachinjektionen in situ belassen [582]. Hierzu wurde ein spezieller Operationstisch mit einem entsprechenden Loch in der Liegefläche benötigt. Nachinjiziert wurde von unterhalb des OP-Tisches. 1944 beschrieb Tuohy die Einführung eines Katheters in den Spinalraum. Die kontinuierliche Spinalanästhesie wurde jedoch nicht in größerem Umfang in der klinischen Routine eingesetzt, obwohl sie wiederholt propagiert wurde. Bedenken gegen dieses Verfahren bestanden insbesondere deshalb, da zumeist nur relativ dicke Katheter verfügbar waren [619]. Dadurch war eine hohe Inzidenz postpunktioneller Kopfschmerzen zu erwarten. Außerdem ist das theoretische Risiko einer Liquorinfektion zu beachten. Routineverfahren blieb daher die einzeitige (Single-Shot-)Spinalanästhesie. Nachteile des Single-Shot-Verfahrens sind der bei Blockadebeginn öfter auftretende stärkere Blutdruckabfall sowie die Tatsache, dass die Höhe des sensiblen Niveaus nur schlecht vorausschätzbar ist.

Ein zurzeit verfügbares Set für die kontinuierliche Spinalanästhesie ist das IntraLong-Set (Fa. Pajunk; mit Sprotte-Spezialkanüle und 27- oder 25-G-Katheter). Vor etlichen Jahren standen auch (sehr) dünne Spinalkatheter (20–32 G) zur Verfügung, bei deren Einsatz das Risiko postspinaler Kopfschmerzen relativ gering war. Insgesamt werden kontinuierliche Spinalanästhesien jedoch nur selten durchgeführt. Bei Patienten <60 Jahren kann die kontinuierliche Spinalanästhesie nicht als Routineverfahren empfohlen werden. Bei Mikrokathetern (z.B. 32 G) wurden häufiger technische Probleme beschrieben (Katheter nicht vorzuschieben, Lokalanästhetikum nicht zu injizieren, Katheterbruch). In den USA sind diese Mikrokatheter nicht mehr zugelassen.

Vor- und Nachteile

Die kontinuierliche Spinalanästhesie bietet einige (theoretische) **Vorteile**: Als Initialdosis kann eine geringere Menge an Lokalanästhetikum injiziert werden als bei einer einzeitigen Spinalanästhesie,

da die Möglichkeit zu Nachinjektionen besteht. Das gewünschte sensible Niveau kann mittels Spinalkatheter aufgrund der Möglichkeit zur Nachinjektion relativ exakt eingestellt und über die notwendige Zeit durch evtl. Nachinjektionen aufrechterhalten werden. Das Blutdruckverhalten unter kontinuierlicher Spinalanästhesie ist ausgesprochen stabil. Auch bei ASA-III- und ASA-IV-Patienten konnte ein weitaus stabileres Kreislaufverhalten unter kontinuierlicher Spinalanästhesie als unter einzeitiger Spinalanästhesie festgestellt werden [658]. Die kontinuierliche Spinalanästhesie wurde aufgrund der besseren Kreislaufstabilität im Vergleich zum Single-Shot-Verfahren v. a. bei kardiovaskulären Risikopatienten empfohlen [611]. Die relativ einfache Punktion des Spinalraums kann allgemein als **Vorteil gegenüber der Periduralanästhesie** (S.445) angesehen werden. In einer großen Studie wurde berichtet, dass in nur 1,7% der Fälle die Platzierung des Spinalkatheters misslang, während die Anlage eines Periduralkatheters in 9% missglückte [697]. Ein Spinalkatheter lässt sich außerdem deutlich schneller platzieren als ein Periduralkatheter. Als weitere Vorteile der kontinuierlichen Spinalanästhesie im Vergleich zur kontinuierlichen Periduralanästhesie wurden der deutlich schnellere Wirkungsbeginn sowie die ausgeprägtere sensible und motorische Blockade beschrieben. Bei der kontinuierlichen Spinalanästhesie ist außerdem eine wesentlich geringere Dosis an Lokalanästhetikum erforderlich, d. h., es sind keine toxischen Reaktionen zu erwarten (► Tab. 16.11).

Tab. 16.11 Vor- und Nachteile der kontinuierlichen Spinalanästhesie im Vergleich zur Periduralanästhesie.

Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> • schnellerer Wirkungseintritt • größere Treffsicherheit • bessere Muskeler schlafung • keine toxische Plasmakonzentration des Lokalanästhetikums möglich 	<ul style="list-style-type: none"> • häufigere postspinale Kopfschmerzen • bei den dünnen Kathetern (27 G) ist die Handhabung oft technisch schwierig • drohende Keimbeseidlung des Liquors • geringe Popularität

Als **Nachteil** ist v. a. die Gefahr postspinaler Kopfschmerzen zu nennen. Ein weiteres Risiko bei einer längerfristigen kontinuierlichen Spinalanästhesie ist sicherlich eine drohende Keimbesiedelung des Liquorraums. Ein aseptisches Vorgehen bei den Nachinjektionen ist daher zwingend. Wird der Katheter nur in der unmittelbar perioperativen Phase in situ belassen, scheint diese Gefahr vernachlässigbar klein zu sein. Bezüglich der Diskussion (rückenmarksnah) Regionalanästhesie versus Allgemeinanästhesie sei auf Kap. 13.2.3 verwiesen.

Vorgehen

Nach entsprechender Desinfektion und unter Beachtung der entsprechenden Hygienemaßnahmen (u. a. steriler Kittel; Kap. 16.3.3 wird normalerweise bei L3/L4 punktiert. Nach erfolgreicher Punktion des Liquorraums ist der Kanülenschliff nach kranial (!) zu drehen und der Spinalkatheter maximal ca. 3 cm tief in den Spinalraum einzuführen. Bei ca. 28 G starken Spinalkathetern kann die korrekte Lage des Katheters noch durch Aspiration von Liquor überprüft werden. Bei den früher verfügbaren ultradünnen (Mikro-)Kathetern (32 G) war die Handhabung öfter mit technischen Problemen verbunden [688]. Eine Liquoraspiration war über diese Katheter nicht mehr möglich. Bei dem nach Positionierung des Katheters wieder in Rückenlage gebrachten Patienten empfiehlt sich eine erste Injektion von ca. 0,5 ml Lokalanästhetikum. Weitere Injektionen können in 5- bis 10-minütigen Abständen mit jeweils 0,25 ml erfolgen, bis das gewünschte sensible Niveau (von z. B. Th 10) erreicht ist. Es ist hierbei auf eine zügige Injektion über den Spinalkatheter zu achten. Bei schneller Injektion kann aufgrund von stärkeren, injektionsbedingten Turbulenzen eine bessere Verteilung des Lokalanästhetikums im Liquorraum erzielt werden [674], während bei langsamer Injektion über

sehr dünne Katheter ein langsames Abtropfen mit fleckförmiger Verteilung droht. Es sollte die geringstmögliche (titrierte) Menge an Lokalanästhetikum verwendet werden.

Cauda-equina-Syndrom und transiente neurotoxische/neurologische Symptome

Es wurden einige Kasuistiken veröffentlicht, in denen es nach einer Katheterspinalanästhesie zu einer Schädigung der Cauda equina kam (Cauda-equina-Syndrom (S. 350); [675]; [554]). Diesen Patienten war gemeinsam, dass sich initial eine unzureichende Blockade ausbildete und dass zur Komplettierung der Spinalanästhesie z. T. mehrere Nachinjektionen vorgenommen und insgesamt relativ hohe Gesamtmengen an Lokalanästhetikum (in 3 Fällen handelte es sich um hyperbares Lidocain 5 %) verabreicht wurden. Es wurde vermutet, dass eine ungleichmäßige Verteilung und relativ hohe Gesamtdosierungen des Lokalanästhetikums zu hohen lokalen Konzentrationen mit neurotoxischer Wirkung (Kap. 14.2.2) geführt haben. Es wurde damals empfohlen, Lidocain und Mepivacain nicht mehr intraspinal zu injizieren [585]. Inzwischen ist Lidocain nicht mehr für die spinale Gabe erlaubt und Mepivacain sollte dafür auch nicht mehr verwendet werden. Es sollten Ropivacain, Bupivacain oder Prilocain verwendet werden, die wesentlich seltener transiente neurotoxische/neurologische Symptome verursachen (Kap. 14.2.2). Ein Cauda-equina-Syndrom wurde aber auch nach Single-Shot-Spinalanästhesien beschrieben. Nach kontinuierlicher Spinalanästhesien traten – aufgrund des lokal neurotoxischen Potenzials von Lokalanästhetika – auch transiente neurologische Symptome (S. 443) mit Rückenschmerzen oder Dysästhesien mit Ausstrahlung in den Gluteal- und Hüftbereich sowie in die Oberschenkelrückseite auf.

Periduralanästhesie

Unter einer **Periduralanästhesie** (PDA) wird das Einbringen eines Lokalanästhetikums in den Periduralraum mit Blockade der entsprechenden Spinalnerven verstanden. (Anstatt von Periduralanästhesie und Periduralraum wird oft auch von Epiduralanästhesie und Epiduralraum gesprochen.) Die PDA ist im Vergleich zur Spinalanästhesie technisch wesentlich schwieriger. Korrekt durchgeführt hat sie jedoch zahlreiche Vorteile und kann theoretisch auf allen Etagen der Wirbelsäule (lumbal oder tief- bis hochthorakal) durchgeführt werden.

Indikationen

Indikationen für eine PDA sind:

- Operationen v. a. an der unteren Körperhälfte (lumbale PDA), aber auch im Oberbauch- und Thoraxbereich (thorakale PDA)
- Schmerztherapie („Schmerzkatheter“ (S. 1590) v. a. nach großen abdominalen und/oder thorakalen Operationen oder z. B. zur schmerzarmen Entbindung; Kap. 64.2.3; zu den Vorteilen

einer effektiven postoperativen Schmerztherapie vgl. Kap. 80.1.2)

- Verbesserung der Durchblutung (z. B. nach Gefäßoperationen an den Beinen)
- Stimulierung der Darmtätigkeit (z. B. nach großen abdominalchirurgischen Operationen)

Kontraindikationen

Es gelten die gleichen **absoluten** Kontraindikationen wie bei der Spinalanästhesie (S. 430).

Auch die **relativen** Kontraindikationen sind weitgehend dieselben wie bei der Spinalanästhesie (S. 430). Lediglich Kopfschmerzanamnese und jugendliche Patienten stellen für eine PDA keine relative Kontraindikation dar, denn bei einer Periduralanästhesie können (im Gegensatz zu einer Spinalanästhesie) Kopfschmerzen nur auftreten, wenn es versehentlich zu einer Duraperforation gekommen ist.

Grundlagenwissen

Anatomische Voraussetzungen für eine PDA

Bezüglich der anatomisch wichtigen Strukturen, die bei der Anlage einer Periduralanästhesie zu beachten sind, sei auf das Grundlagenwissen: Anatomie von Wirbelsäule und Rückenmark (S. 425) verwiesen. Nach Durchstechen von Haut, subkutanem Fettgewebe, Lig. supraspinale und Lig. interspinale stößt die Punktionskanüle auf das Lig. flavum (gelbes Band, ► Abb. 16.36). Direkt nach Passieren des derben, festen Lig. flavums tritt die Kanülenspitze in den lockeren Periduralraum ein. Das Lig. flavum ist im Lumbalbereich in der Mittellinie ca. 5 mm stark. Nach lateral wird es schwächer.

Der **Periduralraum** enthält zartes Fett- und Bindegewebe sowie (v. a. im lateralen Bereich) Venengeflechte. Im Bereich von L3/L4 ist der Periduralraum ca. 5–6 mm tief. Danach kommt die Dura mater mit anliegender Arachnoidea und dann der Spinalraum (► Abb. 16.27; ► Abb. 16.36). Dieser schmale Periduralraum muss mit der Kanülenspitze aufgefunden werden. Bei einer korrekt durchgeführten Periduralanästhesie wird die Kanülenspitze

ze nur bis in den Periduralraum (S. 447) vorgeschoben, die Dura wird also nicht verletzt. Deshalb kann eine PDA theoretisch auf jeder Höhe der Wirbelsäule durchgeführt werden. Häufig wird jedoch bei einer PDA – wie auch bei einer Spinalanästhesie – bei L3/L4 punktiert. Falls dennoch versehentlich die Dura punktiert wird, ist nun keine Rückenmarksverletzung zu befürchten, da das Rückenmark (S. 426) zumeist bei L1/L2 endet. Eine Punktion unterhalb von L4 ist schwierig, weil das Lig. interspinale dort nicht leicht zu identifizieren ist. Bei einer Punktion oberhalb von L2, evtl. auch schon bei L2/L3 (S. 427), besteht die Gefahr einer Rückenmarksverletzung falls es zu einer versehentlichen Duraperforation kommt. Wird eine thorakale PDA (S. 454) vorgenommen, so sind große Vorsicht und große Erfahrung notwendig. Wird der Periduralraum nicht erfasst und die Periduralkanüle weiter vorgeschoben, droht eine Rückenmarksverletzung! Im Lumbalbereich beträgt die Punktionstiefe von der Haut bis zum Periduralraum ca. 3–9 cm, bei ca. 80 % der Erwachsenen 4–6 cm.

Material

- sterile Handschuhe, Mundschutz und Kopfhaube sowie – bei einer Kathetertechnik – steriler Kittel ([705]; Kap. 16.3.3)
- Desinfektionslösung
- Ampulle mit 10 ml NaCl 0,9%
- Periduralkatheter (evtl. mit Mandrin), Partikelfilter und Adapter (S. 449) (► Abb. 16.43h)
- Lokalanästhetikum für die lokale Betäubung der Punktionsstelle, z. B. eine Ampulle mit 5 ml Lidocain 1%
- Lokalanästhetikum für die Periduralanästhesie, z. B. eine Ampulle mit 20 ml Bupivacain 0,5% isobar oder 20 ml Ropivacain 0,5% isobar
- Periduralset, das meist alle weiteren Utensilien enthält:
 - Gefäß für die Desinfektionslösung
 - sterile Tupfer und Kompressen
 - sterile Klemme (die Tupfer werden mit der Klemme gefasst, in die Desinfektionslösung getaucht, und zur Desinfektion der Punktionsstelle verwendet – anstatt der sterilen Klemme sind in manchen Sets auch gestielte Desinfektionsschwämmchen enthalten)
 - steriles Lochtuch
 - 2-ml-Spritze für die Lokalanästhesie
 - spezielle, besonders leichtgängige 10-ml-Spritze zum „Aufsuchen“ des Periduralraums mittels Widerstandsverlustmethode
 - Stahlkanülen zum Aufziehen der Medikamente und zur lokalen Betäubung
 - spezielle Periduralkanüle (sog. Tuohy-Kanüle, meist 17 oder 18 G, ► Abb. 16.40)
- steriles Verbandsmaterial für die Punktionsstelle und Pflaster zur Fixierung des PDA-Katheters

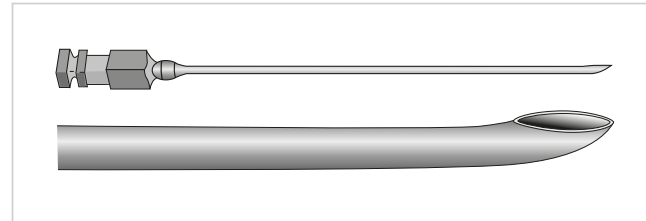


Abb. 16.40 Periduralkanüle (Tuohy-Kanüle) mit gebogener Spitze, damit der Katheter nach oben in den Periduralraum vorgeschoben werden kann.

Vorgehen**Lumbale PDA**

Eine lumbale (!) PDA (► Abb. 16.41) kann am sitzenden oder liegenden Patienten durchgeführt werden. Der Patient muss hierzu – wie bei der Spinalanästhesie (S. 432) beschrieben – einen Katzenbuckel machen (► Abb. 16.32, ► Abb. 16.34a).

- Aufsuchen und Markieren der üblichen Punktionsstelle (S. 433) bei L3/L4 in der Mittellinie (► Abb. 16.42a–c).
- mehrmalige sorgfältige Desinfektion (S. 433) der Punktionsstelle (Kap. 16.3.3; Kap. 16.3.15; ► Abb. 16.43a)
- steriles Lochtuch aufkleben
- lokale Betäubung der Haut und der tieferen Bandstrukturen (► Abb. 16.43b, c)

Nun wird die Periduralkanüle (Tuohy-Kanüle) bis ins Lig. interspinale (► Abb. 16.43d) vorgeschoben. Normalerweise wird der mediane Zugang (in der Mittellinie) durchgeführt (Stichrichtung ca. 10° nach kranial). Selten wird der seitliche bzw. paramediane Zugang gewählt (hierbei wird im Lumbalbereich 1–1,5 cm lateral der Mittellinie und etwas tiefer – an der Oberkante des nächsttieferen Dornfortsatzes ca. 15° nach kranial und ca. 15° nach medial – punktiert). Die Kanüle wird nach kranial und medial vorgeschoben, um in der Mittellinie durch das Lig. flavum zu stoßen. Der Anschliff der Tuohy-Kanüle wird (bei lumbaler [!] Punktion) von manchen Anästhesisten nach lateral gerichtet (denn sollte versehentlich die Dura perforiert werden, so werden die von kranial nach kaudal verlaufenden Bindegewebsfasern der Dura mater nicht durchtrennt, sondern auseinander gedrängt (S.433). Häufiger wird allerdings auch empfohlen, den Kanülenschliff der Tuohy-Kanüle bei der Punktion primär nach kranial zu richten und auf die Tuohy-Kanüle wird eine spezielle, besonders leichtgängige (spezielle PDA-)Spritze aufgesetzt, die mit NaCl 0,9% gefüllt ist. Mit der rechten Hand wird auf den Stempel der Spritze, die mit NaCl 0,9% gefüllt ist, Druck ausgeübt (► Abb. 16.43e). Die linke Hand wird hierbei fest am Rücken des Patienten abgestützt und hält die Tuohy-Kanüle fest zwischen Daumen und Zeigefinger, damit bei plötzlichen Bewegungen des Patienten die Kanüle nicht unkontrolliert vordringen kann (► Abb. 16.43e; ► Abb. 16.44a). Mit der linken Hand wird die Tuohy-Kanüle langsam und kontrolliert vorgeschoben. Beim Vorschieben der Periduralkanüle ist zu beachten, dass die Spitze der Periduralkanüle mit zunehmender Punktionstiefe immer weiter vom gedachten Punktionskanal abweicht. Dies ist durch die angebogene Kanülenspitze bedingt (► Abb. 16.40). Die Kanülenspitze weicht immer zur Seite der Kanülenöffnung ab. In ca. 6 cm Tiefe beträgt die Abweichung – je nach Modell der Periduralkanüle – im Mittel ca. 6,3–8,5 mm [559]. Aus diesen Grund sollte die Punktionskanüle (falls der Schliff zur Punktion im Lumbalbereich nach lateral zeigt) initial ganz leicht zur Gegenseite zeigen. Das Wesentliche beim Vorschieben der Tuohy-Kanüle ist es, den Moment zu erfassen, in dem die Kanülenspitze den Periduralraum erreicht. Hierzu wird normalerweise die „Widerstandsverlust-Methode“ verwendet. Die Spritze wird unter Stempeldruck langsam Millimeter um Millimeter vorgeschoben. Solange sich die Kanülenspitze in dem derben, festen Lig. flavum befindet, besteht ein hoher Injektionswiderstand. Es lässt sich keine Kochsalzlösung injizieren. In dem Moment, in dem die Kanülenspitze beim langsamen Vorschieben aus dem Lig. flavum in den lockeren Periduralraum eintritt, ist plötzlich der hohe Injektionswiderstand verschwunden. Die Kochsalzlösung lässt sich leicht injizieren und dehnt den Periduralraum auf (► Abb. 16.44a). Die Kanüle darf nicht weiter vorgeschoben werden. An der skalierten PDA-Kanüle ist abzulesen, in welcher Tiefe der Loss-of-resistance (Widerstandsverlust) auftrat (je nach Konstitution des Patienten in einer Tiefe von ca. 3–9 cm in ca. 80% in 4–6 cm Tiefe).

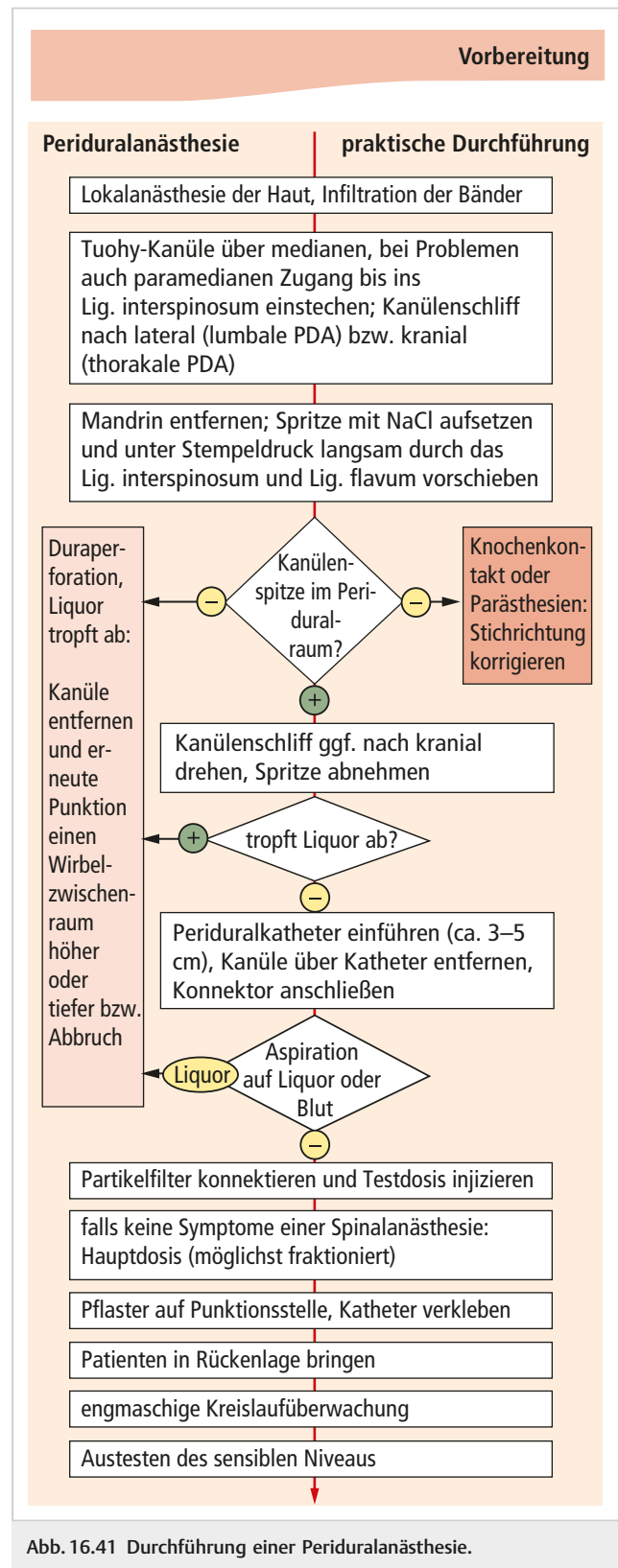


Abb. 16.41 Durchführung einer Periduralanästhesie.



Abb. 16.42 Vorgehen bei einer lumbalen PDA.

- a Aufsuchen des Processus spinosus von L4.
- b Markieren der voraussichtlichen Punktionsstelle mit einem Kreuz durch längeren Druck mit dem Daumnagel.

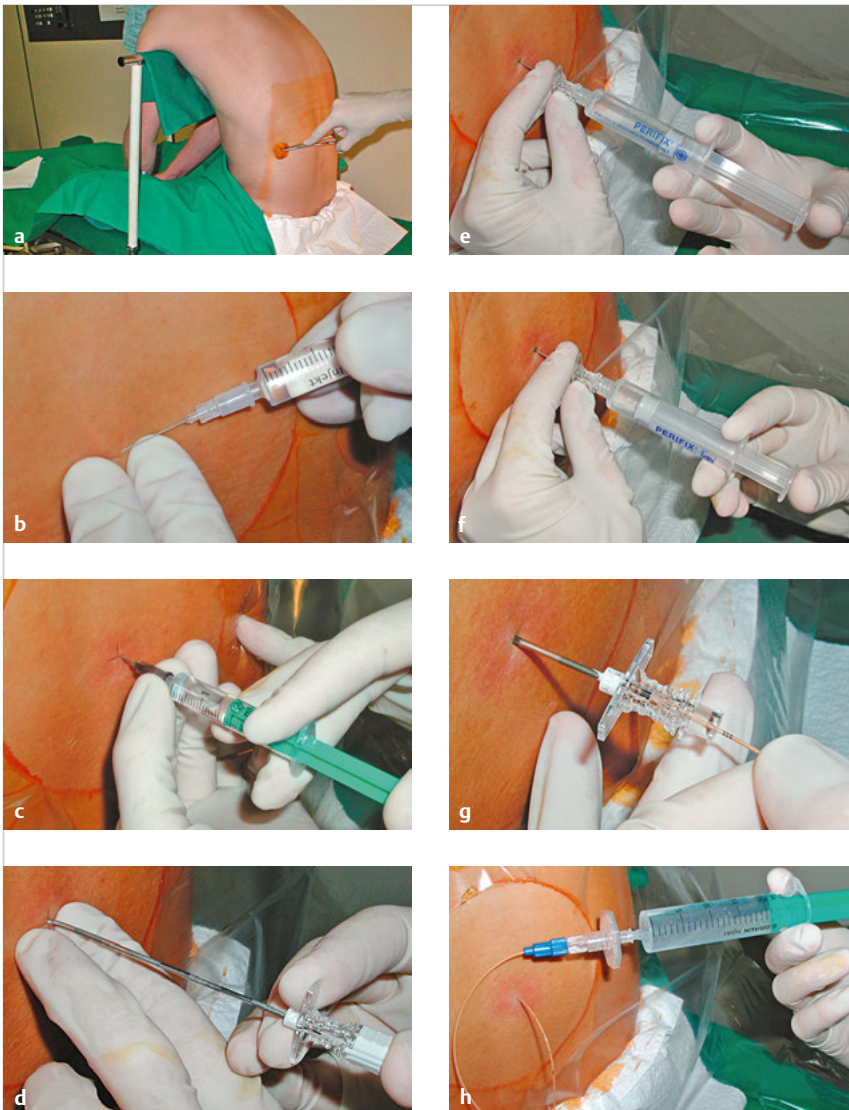


Abb. 16.43 Vorgehen bei einer lumbalen PDA.

- a Mehrfache großflächige Desinfektion (S.433) der voraussichtlichen Punktionsstelle.
- b Lokale Betäubung der Haut.
- c Betäubung der tieferen Bandstrukturen.
- d Einführen der Periduralkanüle evtl. mit nach lateral gerichtetem oder mit nach kranial gerichtetem Schliff (vgl. Text).
- e Vorschieben der Periduralkanüle unter kontinuierlichem Stempeldruck.
- f Plötzlicher Widerstandsverlust, d. h., die physiologische Kochsalzlösung lässt sich nun leicht in den Periduralraum injizieren.
- g Vorsichtiges Einführen eines Periduralkatheters (mit am Patientenrücken abgestützter Hand) nach Diskonnektion der Spritze und ausbleibendem Liquorabfluss; die Periduralkanüle ist evtl. um 90° gedreht, sodass der Kanülenschliff nach kranial (!) zeigt.
- h Injektion einer Testdosis von 3 ml Bupivacain 0,5% beim Erwachsenen (vorher Zurückziehen der Periduralkanüle bei festgehaltenem Periduralkatheter und Aufschaubens eines Konnektors und eines Partikelfilters auf den Periduralkatheter sowie Aspiration auf Blut und Liquor), anschließend Fixierung des über die linke Schulter abgeleiteten Periduralkatheters.

Nach Auffinden des Widerstandsverlustes kann nun eine Katheter-Periduralanästhesie oder eine einzeitige (sog. Single-Shot-)Periduralanästhesie durchgeführt werden. Zumeist wird eine Katheter-Periduralanästhesie vorgezogen. Der Katheter muss immer nach kranial und darf nie nach lateral oder gar

nach kaudal vorgeschoben werden. Die Tuohy-Kanüle wird hierzu – falls mit nach lateral zeigendem Schliff punktiert wurde – nun um 90° gedreht. Nun kann durch die Tuohy-Kanüle der Periduralkatheter (PDK) – über den später wiederholt Nachinjektionen möglich sind – vorsichtig eingeführt werden

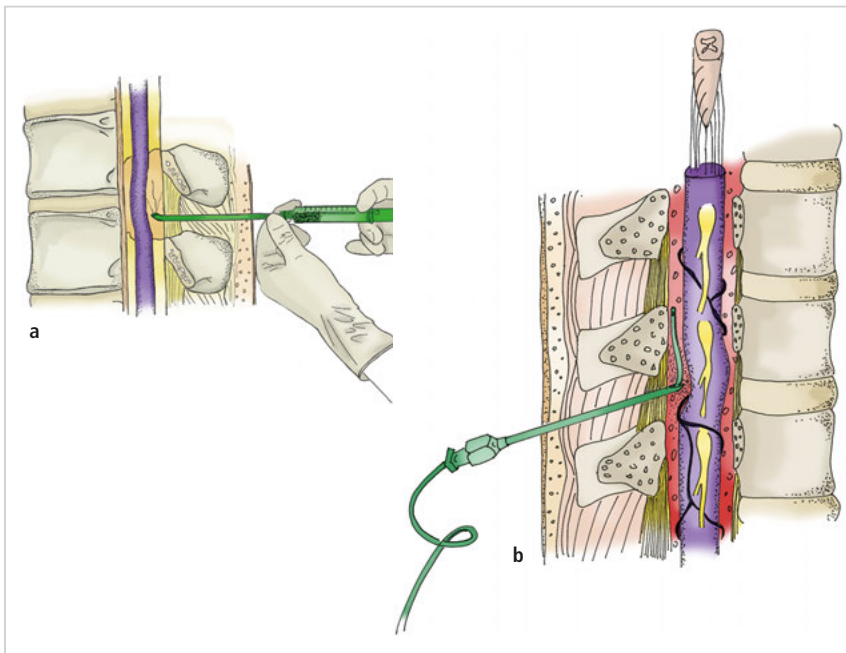


Abb. 16.44 Anlage einer lumbalen PDA.

- a Schematische Handhaltung: feste Abstützung des linken Handrückens am Patienten, Führung der Kanüle mit der linken Hand; Widerstandsverlust mit Injektion von physiologischer Kochsalzlösung in den Periduralraum, dadurch Verdrängen der Dura und Aufweitung des Periduralraums.
- b Nach kranial eingeführter Periduralkatheter.

(► Abb. 16.43g). Die Katheterspitze sollte letztlich nur ca. 3–5 cm tief in den Periduralraum eingeführt sein (► Abb. 16.44b). Da der Katheter beim Zurückziehen der Kanüle öfter etwas mit herausrutscht, sollte der Katheter initial ca. 5–8 cm eingeführt werden, aber nicht wesentlich weiter. Bei tieferem Einführen kann der Katheter leicht abknicken und evtl. eine Schlaufe bilden [695]. Nach Platzieren des Katheters wird die Tuohy-Kanüle über den Katheter herausgezogen. Nach Entfernen der Kanüle wird der Katheter – falls er nicht etwas mit herausgerutscht ist – etwas zurückgezogen, sodass er letztlich ca. 3–5 cm tief im Periduralraum liegt (= Tiefe des Loss-of-resistance plus 3–5 cm). Auf das Katheterende werden ein Adapter sowie ein (vorher mit Lokalanästhetikum gefüllter) Partikelfilter aufgeschraubt (► Abb. 16.43h).

Da das Risiko eines periduralen Hämatoms mit der Anzahl der Periduralraum-Punktionen zunimmt, sollte spätestens nach 3 erfolglosen Punktionen auf ein Alternativverfahren übergegangen werden.

Merke

M!

Treten beim Einführen des Katheters irgendwelche Probleme auf, darf er niemals durch die liegende Kanüle wieder herausgezogen werden: Er könnte dabei abscheren und die Katheterspitze könnte im Periduralraum verbleiben! Es muss ggf. also immer zuerst die Kanüle und danach evtl. auch der Katheter entfernt werden.

Zum Ausschluss einer intraspinalen oder intravasalen Lage der Katheterspitze muss das Katheterende unter Punktionsniveau abgesenkt und kontrolliert werden, ob Liquor oder Blut zurückläuft (passive Aspirationsprobe). Anschließend ist mittels einer 2-ml-Spritze zu aspirieren (aktive Aspirationsprobe). Bei der Aspirationsprobe darf noch kein Partikelfilter an den Periduralkatheter konnektiert sein, da hierüber keine zuverlässige Aspi-

ration möglich ist. Fließt kein Liquor oder Blut zurück bzw. können weder Blut noch Liquor aspiriert werden, wird – nach Aufschrauben eines Partikelfilters auf den Periduralkatheter – eine „Testdosis“ von z. B. 3 ml Bupivacain 0,5% isobar (oder 6 ml Bupivacain 0,25%; entsprechend einer für die Spinalanästhesie üblichen Dosis von 15 mg Bupivacain) gespritzt.

Liegt der Katheter dennoch im Spinalraum, treten nun sehr schnell (innerhalb von 5 Minuten) die Zeichen einer Spinalanästhesie (S. 436) auf. Der Katheter könnte ggf. noch für die Durchführung einer einzeitigen oder kontinuierlichen Spinalanästhesie verwendet werden. Zumeist wird er jedoch sofort wieder entfernt. Liegt der Katheter korrekt, wird sich das Empfinden an den unteren Extremitäten innerhalb von 5 Minuten kaum verändern. Relativ selten wird eine adrenalinhaltige Testdosis (1:200 000; 5 µg/ml Adrenalin; Kap. 14.3) verabreicht. Hierbei kann eine evtl. intravasale Lage der Katheterspitze an einer innerhalb von 30–60 Sekunden auftretenden (durch den Adrenalin-Zusatz bedingten) Tachykardie und an einer Steigerung des systolischen Blutdrucks (Kap. 14.3) meist erkannt werden. Bleiben eine solche Tachykardie und ein solcher systolischer Blutdruckanstieg sowie Symptome einer Spinalanästhesie aus, dann darf die Hauptdosis von z. B. 12 ml beim Erwachsenen (► Tab. 16.12) fraktioniert injiziert werden (Boligrößen höchstens entsprechend der Testdosis; s. o.).

Bis zur vollständigen Ausbreitung der PDA vergehen meist ca. 20 Minuten.

Bei der einzeitigen (Single-Shot-)Periduralanästhesie wird nach erfolgreicher Punktion des Periduralraums eine Testdosis über die Tuohy-Kanüle verabreicht. Anschließend muss der Patient so lange ganz ruhig in Punktionshaltung sitzen bzw. in Seitenlage liegen bleiben, bis die Wirkung der Testdosis beurteilt werden kann. Bei Ausschluss einer subarachnoidalen Lage der Kanülenspitze kann nun die Hauptdosis langsam über die Kanüle verabreicht werden. Nachteile der Single-Shot-PDA sind, dass der Patient mit der Kanüle in situ relativ lange ruhig sitzen bzw. liegen bleiben muss und dass nach Gabe der Hauptdosis

im Fall eines zu geringen Hochsteigens der PDA keine Nachinjektion mehr möglich ist. Zumeist wird deshalb eine Katheter-Periduralanästhesie durchgeführt.

Schwangere

Die technische Durchführung einer PDA ist bei Schwangeren relativ schwierig. Aufgrund der schwangerschaftsbedingten Auflockerung der Bänder ist die Widerstandsverlustmethode nicht mehr so eindeutig. Außerdem sind die Schwangeren während der Wehen naturgemäß oft sehr unruhig und können schlecht still sitzen oder liegen. Die Anlage einer PDA bei einer Schwangeren erfordert also entsprechende Erfahrung. Durch eine Periduralanästhesie unter Verwendung von niedrigprozentigen Lokalanästhetika kann der Eröffnungs- und Austreibungsschmerz stark gelindert werden, die Motorik jedoch erhalten bleiben (sog. „walking epidural“ (S. 1246)). Bei Verwendung höherprozentiger Lokalanästhetika ist auch eine motorische Blockade erzielbar und damit z. B. eine operative Schnittentbindung möglich. Im Rahmen der geburtshilflichen Periduralanästhesie wird inzwischen zumeist ein Lokalanästhetikum in Kombination mit einem Opioid (z. B. Sufenta epidural) eingesetzt.

Besonderheiten sowie Dosierung und empfohlene Konzentrationen des Lokalanästhetikums und eines evtl. Sufentanil-Zusatzes für eine geburtshilfliche PDA werden hier (S. 1243) ausführlich beschrieben.

Medikamente

Lokalanästhetika

Für eine PDA bei (nicht schwangeren) Patientinnen und bei Patienten kommen im Rahmen einer Operation (mit erwünschter motorischer Blockade) v. a. folgende Lokalanästhetikakonzentrationen infrage:

- Bupivacain 0,5–(0,75)%; Wirkungsdauer: ca. 2–5 Stunden
- Ropivacain 0,75–(1)%; Wirkungsdauer: ca. 3–5 Stunden
- Levobupivacain 0,5–(0,75)%; Wirkungsdauer: ca. 2–5 Stunden
- Prilocain 2 %; Wirkungsdauer: ca. 2 Stunden
- Lidocain 2 %; Wirkungsdauer ca. 2 Stunden
- Mepivacain 2 %; Wirkungsdauer ca. 2 Stunden

Für eine PDA zur Durchführung einer (postoperativen) Schmerztherapie (mit möglichst erhaltener motorischer Funktion) kommen v. a. folgende Lokalanästhetikakonzentrationen infrage; Differenzialblock (S. 451):

- Ropivacain 0,16–0,175–0,2 %; Wirkungsdauer: ca. 3–5 Stunden
- Bupivacain 0,125–0,175–0,25 %; Wirkungsdauer: ca. 2–5 Stunden
- Levobupivacain 0,125–0,175–0,25 %; Wirkungsdauer: ca. 2–5 Stunden

Auch für eine Kombinationsnarkose (Allgemeinanästhesie plus PDA) wird Ropivacain 0,16–0,175–≤0,2 %, Bupivacain 0,125–0,175–≤0,25 % oder Levobupivacain 0,125–0,175–≤0,25 % empfohlen. Wird für die postoperative Periduralanalgesie eine Mischung aus Lokalanästhetikum plus Opioid verwendet, dann bietet sich meist Ropivacain 0,16–0,175–<0,2 % oder evtl. Bupivacain 0,125–0,175–<0,25 % oder Levobupivacain 0,125–0,175–<0,25 % an.

Ausbreitung

Merke

M!

Die Ausbreitung der Periduralanästhesie hängt v. a. vom Volumen des injizierten Lokalanästhetikums ab. Je größer das injizierte Lokalanästhetikumvolumen, desto höher wird das Lokalanästhetikum und damit die Betäubung nach kranial steigen. (Dagegen ist die Ausbreitung (S. 438) einer Spinalanästhesie nicht vom Volumen, sondern von der Dosierung [in mg] des Lokalanästhetikums abhängig).

Meistens wird bei einer lumbalen PDA ein Aufsteigen bis ungefähr Nabelhöhe (Th 10; ► Abb. 16.25) angestrebt, d. h., es sollen dann meist die Segmente Th 10–Th 12, L 1–L 5 sowie S 1–S 2, also 10 Segmente, betäubt werden. Bei einem 20-jährigen Patienten werden bei einer lumbalen PDA ca. 1,5 ml Lokalanästhetikum benötigt, um ein Segment auszuschalten. Für 10 Segmente werden also insgesamt ca. 15 ml benötigt. Mit zunehmendem Alter genügt ein immer geringes Volumen, um die gleiche Ausbreitung der PDA nach kranial zu erreichen. Beim 40-jährigen Patienten werden bei einer lumbalen PDA pro Segment ca. 1,2 ml, beim 60-jährigen ca. 1 ml pro Segment und beim 80-jährigen ca. 0,7 ml pro auszuschaltendem Segment benötigt (► Tab. 16.12). Dass mit zunehmendem Alter geringere Volumina an Lokalanästhetika benötigt werden, scheint damit zusammenzuhängen, dass mit zunehmendem Alter der Anteil an Fettgewebe im Periduralraum abnimmt. Bei einer geburtshilflichen PDA (S. 1243) wird eine ca. 30 % geringere Dosierung (ca. 1 ml/Segment) benötigt. Die Volumenangabe an Lokalanästhetikum pro auszuschaltendes Segment stellt allerdings nur einen groben Anhalt dar, denn die Ausbreitung ist größeren interindividuellen Schwankungen unterworfen und hängt u. a. auch ab von der Größe des Periduralraums und von anderen Faktoren. Die Lagerung des Patienten bei und nach der Injektion in den Periduralraum hat keinen größeren Einfluss auf die Höhe des sensiblen Niveaus. Durch eine Seitenlagerung bei und nach der Injektion kann die unten liegende Seite möglicherweise etwas stärker betäubt werden. Durch Erhöhung der Konzentration kann die Anschlagszeit verkürzt und die motorische Blockade verstärkt werden.

Das benötigte Volumen an Lokalanästhetikum hängt deutlich ab von dem Injektionsort:

Merke

M!

Bei einer Periduralanästhesie im Lumbalbereich werden für einen ca. 20-jährigen Patienten ca. 1,5 ml pro auszuschaltendes Segment benötigt. Im unteren Thorakalbereich sollte diese Dosis pro Segment um ca. 30 % (ca. 1 ml/Segment), im oberen Thorakalbereich um ca. 50 % reduziert werden (ca. 0,8 ml/Segment). Mit zunehmendem Alter ist diese Dosis zu senken; ► Tab. 16.12).

Tab. 16.12 Benötigte Lokalanästhetika-Mengen für eine lumbale PDA (untere Thorakalsegmente ca. 30 % weniger, obere Thorakalsegmente ca. 50 % weniger Lokalanästhetikum).

Alter des Patienten	Lokalanästhetikum pro Segment bei lumbaler PDA [ml]	Lokalanästhetikum für Th 10–S2 [ml]
20	1,5	15
40	1,2	12
60	1	10
80	0,7	7

Die Barizität des Lokalanästhetikums hat bei einer Periduralanästhesie – anders als bei der Spinalanästhesie – keinen relevanten Einfluss auf die Ausbreitung des Lokalanästhetikums. Die Injektionsgeschwindigkeit sowie die Größe des Patienten haben ebenfalls keinen Einfluss auf die Ausbreitung des Lokalanästhetikums. Aus Sicherheitsgründen empfiehlt sich jedoch stets eine langsame und fraktionierte Gabe des Lokalanästhetikums über den Katheter. Die Boligröße (S. 1592) sollte maximal der Testdosis (S. 449) entsprechen, d. h., 15 mg Bupivacain, also z. B. 3 ml 0,5 %iges Bupivacain oder 6 ml 0,25 %iges Bupivacain.

Soll das sensible Niveau intraoperativ längere Zeit aufrechterhalten werden, dann wird eine fraktionierte Nachinjektion von ca. 50 % der Initialdosis meist dann empfohlen, wenn das sensible Niveau um 2 Dermatome abgefallen ist.

Soll ein lumbaler Periduralkatheter v. a. im Rahmen der postoperativen Schmerztherapie kontinuierlich mit einem Lokalanästhetikum bestückt werden, dann eignet sich hierfür z. B. 0,16–0,175–≤0,2 %iges Ropivacain (z. B. Naropin). Naropin 0,2 % ist in Form von 100-ml- und 200-ml-Bags (Beuteln) verfügbar und kann damit über ein entsprechendes Infusionssystem und über einen Infusomaten gut kontinuierlich mit der gewünschten Infusionsrate verabreicht werden. Nach z. B. großen orthopädischen Operationen oder nach großen abdominalchirurgischen Unterbaucheingriffen müssen über einen lumbalen (!) Katheter meist ca. 10 ml/h Lokalanästhetikum für eine optimale Wirkung verabreicht werden ([682]; [703]).

► **Wirkungsweise peridural applizierter Lokalanästhetika.** Ursprünglich wurde angenommen, dass peridural injizierte Lokalanästhetika durch die Foramina intervertebralia entweichen und in den Paravertebralräumen eine Leitungsblockade der gemischten Spinalnerven verursachen. In entsprechenden Studien konnte jedoch gezeigt werden, dass der Periduralraum (S. 426) weitgehend abgeschlossen ist, sodass Lokalanästhetika nicht durch die Foramina intervertebralia abfließen können. Peridural injizierte Lokalanästhetika erscheinen zwar rasch im Liquor, aber trotz einer nachgewiesenen Diffusion bis ins Rückenmark dürfte auch dies nicht der Hauptwirkort peridural applizierter Lokalanästhetika sein. Dadurch kommt es lediglich zu einer Diffusion der Lokalanästhetika in die Randzonen des Rückenmarks.

Peridural verabreichte Lokalanästhetika wirken v. a. im Bereich der durch den Periduralraum zu den Foramina intervertebralia ziehenden Nervenwurzeln. Anhand von Konzentrationsmessungen konnte gezeigt werden, dass das Lokalanästhetikum in den abgehenden Spinalnerven hoch konzentriert ist. Für die Annahme, dass peridural verabreichte Lokalanästhetika primär an den Spinalwurzeln wirken, sprechen auch klinische

Untersuchungen über das Entwicklungsmuster eines periduralen Blocks. Fast konstant setzt die Anästhesie in den Dermatomen S 1 und S 2 verzögert ein, in manchen Fällen kommt hier auch nur eine unzureichende Anästhesie zustande. Die den Außenknöchel versorgenden Nerven stammen aus den dicksten Wurzeln (L5/S1; ► Abb. 16.25) des Plexus lumbosacralis, und häufig vermag das Lokalanästhetikum diese Nervenwurzeln bei der Periduralanästhesie nicht vollständig zu durchdringen. Außerdem ist er noch von Bindegewebe umgeben, wodurch seine Blockade weiter erschwert wird. Deshalb kann bei einer Periduralanästhesie im Bereich des Außenknöchels eine fleckförmige Schmerzempfindlichkeit erhalten bleiben. Dies kann insbesondere bei einer Außenbandnaht am oberen Sprunggelenk manchmal Probleme bereiten.

► **Ausmaß der motorischen Blockade.** Das Ausmaß der motorischen Blockade kann bei einer Periduralanästhesie mithilfe des sog. Bromage-Schemas beurteilt werden:

- 0 = normale Bewegung in den Knien und normale Beweglichkeit der Füße
- 1 = Patient kann Kniegelenke gerade noch beugen, Füße sind noch voll beweglich
- 2 = Patient kann Kniegelenke nicht mehr beugen, Füße sind noch beweglich
- 3 = Patient kann weder Kniegelenke noch Füße noch Zehen bewegen

► **Austesten der Ausbreitung.** Die Ausbreitung einer Periduralanästhesie wird vorzugsweise mit einem Eiswürfel (S. 439) oder mittels alkoholhaltigem Desinfektionsspray ausgetestet (vgl. Austesten bei Spinalanästhesie (S. 439)).

► **Differenzialblock.** Mit niedrigprozentigen Lokalanästhetika, z. B. 0,125- bis 0,25 %igem Bupivacain, 0,16–0,175–0,2 %igem Ropivacain oder 0,125- bis 0,25 %igem Levobupivacain, werden nur die dünnen Nervenfasern (A δ -, B- und C-Fasern), die das Schmerz- sowie Wärme- und Kälteempfinden leiten, ausgeschaltet. Zur Herstellung niedrig konzentrierter Lokalanästhetikalösungen (S. 1243) vgl. Kap. 15.1.2. Die dicken Nervenfasern, also die das Druck- und Berührungempfinden und die Motorik vermittelnden Fasern sind dabei noch weitgehend intakt (vgl. Kap. 15.1.2). Ein solcher Differenzialblock ist mit allen Lokalanästhetika erzielbar. Für die kontinuierliche peridurale Gabe von Lokalanästhetika im Rahmen der **postoperativen Schmerztherapie** (S. 1591) haben sich insbesondere Ropivacain 0,16–0,175–0,2 % und Bupivacain 0,125–0,25 % bewährt. Der Karzinompatient ist also mit seinem „Schmerzkatheter“ nach Gabe niederprozentiger Lokalanästhetika noch mobilisierbar, die Gebärende kann trotz des „Schmerzkatheters“ während der Eröffnungsphase noch mit Unterstützung im Kreißsaal umhergehen (sog. „walking epidural“ (S. 1246)) und während der Geburt kann sie noch auf Aufforderung durch eine aktive Bauchpresse die Geburt unterstützen.

Auch bei arteriosklerotischen Durchblutungsstörungen oder z. B. nach einer **Gefäßoperation** können durch niederprozentige, peridural applizierte Lokalanästhetika eine Sympathikusblockade mit Verbesserung der Durchblutung, eine Reduktion der Thrombosierungsrate und eine gute Analgesie erzielt werden, während die Motorik erhalten bleibt.

Ein solcher Differenzialblock kann auch zur **Stimulation der Magen-Darm-Tätigkeit** verwendet werden. Der Magen-Darm-Trakt wird von Sympathikus und Parasympathikus beeinflusst. Der Parasympathikus stimuliert, der Sympathikus hemmt die Darmtätigkeit. Werden die präganglionären sympathischen Fasern durch eine PDA blockiert, überwiegt nun der stimulierende Effekt des Parasympathikus. Dies kann bei Patienten mit einer Darmatonie (z. B. nach großen Bauchoperationen) ausgenutzt werden. Die gastrointestinale Mobilität setzt dadurch postoperativ schneller wieder ein ([568]; Übersicht bei [636]). Wird hier zur Stimulierung der Darmtätigkeit eine PDA angelegt, reicht 0,125- bis 0,25%iges Bupivacain, 0,16–0,175–0,2%iges Ropivacain oder 0,125- bis 0,25%iges Levobupivacain aus.

Verschiedene Autoren beschreiben unter einer PDA eine Zunahme der Peristaltik, wobei die Zahl der peristaltischen Wellen gleich bleibt, jedoch deren vorwärtstreibende Kraft zunimmt. Es wurde daher früher zum Teil eine Gefährdung frisch angelegter Darmnähte vermutet und manchmal die Forderung erhoben, **Darmoperationen** als relative Kontraindikationen für eine rückenmarksnahen Leitungsanästhesie anzusehen. Es konnte jedoch klar gezeigt werden, dass nach Operationen in rückenmarksnaher Leitungsanästhesie bzw. nach Operationen in Vollnarkose mit zusätzlicher rückenmarksnaher Leitungsanästhesie die Inzidenz an Nahtinsuffizienzen im Magen-Darm-Bereich nicht höher ist als nach Operationen in alleiniger Allgemeinanästhesie. Es überwiegt sogar der positive Effekt einer Periduralanästhesie: Die Durchblutung z. B. im Kolon nimmt um ca. 22% zu, und die Blutversorgung der Anastomose ist dadurch verbessert.

Durch höherprozentige Lokalanästhetikalösungen, z. B. Bupivacain 0,5(–0,75)% oder Ropivacain 0,75(–1)% bzw. Levobupivacain 0,5(–0,75)%, werden auch die dickeren Fasern, also das Druck- und Berührungsempfinden sowie die motorischen Nerven blockiert (► Tab. 15.1). Für Operationen müssen hochprozentige Lokalanästhetikalösungen verwendet werden, um auch eine Muskelerlaffung zu erzielen.

► **Tachyphylaxie.** Unter einer Tachyphylaxie (bei längerfristiger Gabe eines Lokalanästhetikums) werden abnehmende Wirkungsintensität, abnehmende Wirkungsdauer und abnehmende segmentale Ausbreitung einer Nervenblockade verstanden, obwohl wiederholt gleich große Dosen eines Lokalanästhetikums verabreicht werden. Bei längerfristiger periduraler Gabe von Lokalanästhetika kommt es meist innerhalb einiger Tage zu einer Tachyphylaxie – bei einer kontinuierlichen Spinalanästhesie scheint dieses Phänomen dagegen nicht aufzutreten. Vermutlich lässt dabei nicht die Wirkung des Medikaments an den Neuronen nach, sondern es gelangt nicht mehr in genügender Konzentration an die Neurone. Mögliche Ursache ist eine Fibrosierung des Periduralraums. Dafür spricht auch, dass bei freipräparierten und längerfristig mit Lokalanästhetikum behandelten Nerven keine Tachyphylaxie entsteht. Durch eine kontinuierliche Verabreichung eines Lokalanästhetikums über eine Spritzenpumpe lässt sich die Entwicklung einer Tachyphylaxie oft hinauszögern. Zum Teil wird die Meinung vertreten, dass eine Tachyphylaxie unabhängig von den Regionalanästhesieverfahren, unabhängig von der Applikationsform und unabhängig vom verwendeten Lokalanästhetikum ist (Übersicht bei [626]). Zum Teil wird hierfür auch eine Erniedrigung des Gewe-

be-pH-Wertes durch die wiederholten Lokalanästhetika-Gaben angeschuldigt.

Opioide – peridurale Gabe

Neben Lokalanästhetika können auch Opioide peridural verabreicht werden. Hierdurch sollen Opioid-Rezeptoren im Bereich der Substantia gelatinosa des Rückenmarkhinterhorns stimuliert und so die Weiterleitung von Schmerzimpulsen gehemmt werden. Hierbei kann mit relativ niedrigen Opioiddosen eine lang anhaltende und meist suffiziente Schmerzinderung erzielt werden.

Für eine rückenmarksnahen Gabe sind die Opioide Sufentanil und Morphin offiziell zugelassen. Früher wurden oft auch Fentanyl oder Buprenorphin peridural verabreicht. **Lipophile Opioide** wie Sufentanil (oder Fentanyl, Buprenorphin) diffundieren schnell durch den Liquor und binden sich im Rückenmark. Sie haben daher einen relativ schnellen Wirkungseintritt. Die lipophilen Opioide diffundieren allerdings auch schnell in das Gefäßsystem. Sie werden daher schnell resorbiert, und ihre Plasmakonzentrationen sind relativ hoch. Die peridural notwendige Dosis ist nahezu so hoch wie die systemisch notwendige.

Hydrophile Opioide wie Morphin verbleiben dagegen lange im Liquor, bevor sie ins Rückenmark diffundieren und dort binden. Morphin wandert daher mit der physiologischen Liquorzirkulation langsam nach rostral und kann – auch nach Injektion in den lumbalen Periduralraum – eine analgetische Wirkung im Thorakalbereich (S. 1593) oder höher vermitteln [552]. Die hydrophilen Opioide diffundieren nur langsam in das Gefäßsystem, sie werden daher auch nur langsam resorbiert. Die resultierenden Plasmakonzentrationen sind niedrig. Die peridural notwendige Dosis ist deutlich niedriger als die bei einer systemischen Gabe notwendige Dosis.

Im Rahmen der postoperativen Schmerztherapie sollte inzwischen möglichst nur noch Sufentanil (z. B. Sufenta epidural; 10 µg/2 ml) für die peridurale Gabe verwendet werden. Häufig wird bei großen Operationen – nach dem initialen Hochspritzen – bereits intraoperativ ein Lokalanästhetikum-Opioid-Gemisch (v. a. 0,2% Ropivacain plus 0,5 µg Sufentanil pro Milliliter Lokalanästhetikum; z. B. 100 µg Sufentanil pro Ropivacain-Bag à 200 ml 0,2%) per Infusomat verabreicht (z. B. 6–8[–10] ml/h lumbal). Die peridurale Gabe von Opioiden zur Therapie postoperativer Schmerzen wird ausführlich an Periduralanalgesie beschrieben.

Im Prinzip können nach periduraler Opioid-Gabe die gleichen **Nebenwirkungen** auftreten wie nach systemischer Opioid-Applikation. Die Inzidenz der Nebenwirkungen ist allerdings bei periduraler Gabe geringer. Die wichtigsten Nebenwirkungen nach periduraler Opioid-Gabe sind nachfolgend aufgeführt.

► **Atemdepression.** Nach periduraler Opioid-Gabe kann eine sog. frühe oder eine sog. späte Atemdepression auftreten. Eine frühe Atemdepression beginnt etwa 30–60 Minuten nach Injektion. Ursache ist die systemische Resorption des Opioids mit relativ hohen Opioid-Plasmakonzentrationen. Eine frühe Atemdepression ist v. a. bei den lipophilen Opioiden zu erwarten, da diese relativ schnell auch in die Gefäßstrukturen diffundieren und damit schnell resorbiert werden. Werden ca. 0,5 µg Sufen-

tanil pro Milliliter Lokalanästhetikum verwendet, dann ist das Risiko einer Atemdepression allerdings äußerst gering. Eine solche Opioid-Lokalanästhetikum-Mischung wird inzwischen vielerorts auch auf peripheren Stationen ohne kontinuierliches Atem-Monitoring durchgeführt. Eine späte Atemdepression kann ca. 6–12 Stunden (im Extremfall erst 24 Stunden) nach periduraler Injektion auftreten. Die Ursache ist darin zu sehen, dass das aus dem Periduralraum auch in den Liquor diffundierende Opioid mit der physiologischen Liquorzirkulation nach rostral zum 4. Hirnventrikel gelangt und zu einer Dämpfung des Atemzentrums, das sich am Boden des 4. Hirnventrikels befindet, führt. Eine solche verzögerte Atemdepression ist v. a. bei den hydrophilen Opioiden (z. B. Morphin) zu erwarten.

Merke

M!

Aufgrund des Risikos einer evtl. verzögert auftretenden Atemdepression sollten hydrophile Opiode nur dann peridural (S. 1591) gegeben werden, wenn postoperativ ein adäquates Atem-Monitoring gewährleistet ist.

► **Harnverhalt.** Nach rückenmarksnaher Opioid-Gabe kann vorübergehend ein Harnverhalt auftreten. Dies kommt offenbar häufiger bei Männern als bei Frauen vor. Diese Nebenwirkung wird in 10–30% der Fälle beobachtet. Der zugrunde liegende Mechanismus ist unklar, möglicherweise beeinflussen Opiode im Periduralraum die sakrale Parasympathikusaktivität. Es kann eine Katheterisierung der Blase notwendig werden. Da im Rahmen der perioperativen Schmerztherapie ein Opioid nur in Kombination mit einem Lokalanästhetikum verabreicht wird, muss unabhängig von der Opioid-Gabe ein Blasenkatheter platziert werden, denn auch das Lokalanästhetikum alleine führt – über eine Blockade des sakralen Parasympathikus – zu einem Harnverhalt (S. 429).

► **Juckreiz.** Nach periduraler Morphin-Gabe kann es zu einem generalisierten Juckreiz kommen. Eine Teilursache hierfür ist vermutlich eine Histaminfreisetzung nach Morphin-Gabe. Manchmal tritt Juckreiz auch nach periduraler Gabe von Sufentanil auf.

► **Übelkeit und Erbrechen.** In 10–30% kann es nach periduraler Opioid-Gabe zu Übelkeit kommen. Meist tritt die Übelkeit ca. 60 Minuten nach periduraler Gabe auf und ist dann durch die systemische Opioidresorption bedingt. Selten können Übelkeit und Erbrechen auch erst nach 6–10 Stunden auftreten und sind dann Folge des Opioidtransports mit dem Liquor nach rostral zur Chemorezeptortriggersonne. Diese befindet sich im Bereich der Area postrema, die am Boden des 4. Hirnventrikels liegt und Verbindungen zum Brechzentrum hat.

Mögliche Komplikationen

Die Versagerquote wird bei der Periduralanästhesie mit ca. 3–5% angegeben.

Medikamentös bedingte Komplikationen

- Blutdruckabfall (S. 454) durch die lokalanästhetikabedingte Sympathikusblockade (S. 428)
- evtl. reflektorische Bradykardie (S. 428) aufgrund eines deutlich verminderten venösen Rückstroms
- „hohe Periduralanästhesie“ durch zu weites Aufsteigen des Lokalanästhetikums aufgrund einer Überdosierung, evtl. mit Blockade der Nn. accelerantes des Herzens (Th 1–Th 4) mit Bradykardie (S. 440)
- Atemdepression, Juckreiz und/oder Harnverhalt nach periduraler Injektion eines Opioids (S. 452)
- Harnverhalt (ist sowohl durch eine peridurale Lokalanästhetika-Gabe als auch Opioid-Gabe möglich)
- Juckreiz (bei periduraler Opioid-Gabe)
- systemisch-toxische Komplikationen durch das verabreichte Lokalanästhetikum (Kap. 14.2.1); Inzidenz: ca. 4 pro 10 000 PDAs

Traumatisch bedingte Komplikationen

- Rückenmarks- bzw. Nervenverletzungen bei versehentlicher Duraperforation und Punktion oberhalb von L3. Ein neurologisches Defizit ist nach einer Periduralanästhesie signifikant seltener als nach einer Spinalanästhesie [554]. In einer retrospektiven Studie wurde die Inzidenz bleibender neurologischer Probleme nach Spinal- oder Periduralanästhesien mit 85 pro 1 710 000 (= 0,005% = 1:20 000) angegeben [646]. An anderer Stelle wird eine Inzidenz von 1:12 200 angegeben [581]. In retrospektiven Studien wird jedoch die tatsächliche Inzidenz oft unterschätzt. In einer prospektiven Studie wurde die Inzidenz schwerwiegender neurologischer Komplikationen mit 0,04%, d. h., deutlich häufiger angegeben [554]. In einer Metaanalyse wurde die Inzidenz bleibender neurologischer Schäden mit 0–7,7 pro 10 000 Periduralanästhesien angegeben [569].
- peridurales Hämatom: Bei dem oft unvermeidbaren Durchstechen eines der zahlreichen Gefäße des Periduralraums kann es – v. a. bei vorbestehender Hämostasestörung – zu einem Hämatom im Periduralraum kommen. Die Inzidenz ist vermutlich deutlich höher als die früher oft angegebene Inzidenz von 1:220 000 und wird z. T. mit bis zu 1:3 600 angegeben (S. 384) (Diagnostik und Therapie (S. 398)). Im Extremfall kann ein peridurales Hämatom zur Kompression des Rückenmarks und zur Querschnittssymptomatik führen.
- versehentliche Duraperforation, die meist (in 75–100%) von starken postspinalen Kopfschmerzen (S. 440) gefolgt ist [690]. Die Inzidenz bei einer lumbalen Periduralanästhesie wird – je nach Publikation – mit ca. 1,3–3,5% angegeben. Es besteht eine negative Korrelation zwischen der Inzidenz einer versehentlichen Duraperforation und der Anzahl der von einem Anästhesisten pro Jahr durchgeführten Periduralanästhesien. Wird der Kanülenschliff bei einer lumbalen PDA nach lateral gehalten, so ist die Inzidenz postspinaler Kopfschmerzen bei einer versehentlichen Duraperforation geringer [654]. Die prophylaktische Anlage einer Blutplombe (S. 442) unmittelbar nach der Durapunktion sollte unterlassen werden. Bei einer versehentlichen Duraperforation kann u. U. – vorzugsweise einen Wirbelzwischenraum höher – nochmals ein Punktionsversuch durchgeführt werden. Sehr selten kann durch den Li-

quorverlust nach einer Duraperforation auch ein zerebrales subdurales Hämatom (S. 442) entstehen.

- vasovagale Synkope beim Anlegen der Periduralanästhesie

latrogen bedingte Komplikationen

- Katheterabscherung: Treten Probleme beim Verschieben des Katheters auf, darf der Katheter niemals durch die liegende Kanüle zurückgezogen werden, da er hierbei an der Kanülenspitze abscheren kann. Stets ist zuerst die Kanüle und dann ist der Katheter zu entfernen. Sollte ein Katheterfragment im Patienten verbleiben, dann wird bei Patienten > 12 Jahren ohne klinische Symptomatik ein Zuwarten empfohlen [593].
- versehentliche intravasale Katheterlage mit toxischen Nebenwirkungen bei intravasaler Injektion des Lokalanästhetikums
- Abszessbildung bei nicht aseptischem Vorgehen. Die Inzidenz einer eitrigen Meningitis oder eines periduralen Abszesses nach Peridural- oder Spinalpunktion wurde in einer retrospektiven Studie mit ca. 2,5 pro 100 000 (= 0,0025 %) angegeben [646]. Es liegen aber auch retrospektive Studien mit einer Inzidenz von 1:800 bis 1:2 400 vor ([573]; [663]). In einer prospektiven Studie wurde die Inzidenz mit 1:1930 (= 0,05 %) angegeben ([711]; Übersicht bei [665]). Als Erreger werden hierbei zumeist koagulasenegative Staphylokokken (v. a. *Staphylococcus epidermidis*), seltener *Staphylococcus aureus* identifiziert. Zur initialen kalkulierten Antibiotikatherapie werden hierbei Vancomycin plus ein Cephalosporin der 3. Generation empfohlen.

Übermäßiger Blutdruckabfall

Mit Wirkungsbeginn der Periduralanästhesie und einsetzender Sympathikolyse kommt es zu einem (normalerweise nur mäßigen) Blutdruckabfall. Vor allem bei vorbestehender Hypovolämie mit kompensatorischer Vasokonstriktion oder bei großer Ausbreitung der Periduralanästhesie kann es u.U. zu einem übermäßigen Blutdruckabfall kommen. Durch Kombination eines Lokalanästhetikums mit einem Opioid kann die Lokalanästhetikum-Dosierung vermindert und die Inzidenz einer Hypotension vermindert werden [668].

Das Risiko einer Hypotension besteht sowohl bei einer lumbalen als auch einer thorakalen PDA [667]. Eine Hypotension ist umgehend zu therapieren, da sie zu myokardialen und zerebrovaskulären Komplikationen führen kann ([550]; [679]). Entscheidend bei Prävention und Therapie einer solchen Hypotension scheint hierbei die Sorgfalt und Vigilanz des Anästhesisten zu sein [667].

Zur Therapie eines übermäßigen Blutdruckabfalls kommen v. a. infrage:

- Beine hochlagern (Autotransfusion)
- Sauerstoff-Gabe
- Vasopressor-Gabe (z. B. Akrinor¹)
- Infusion beschleunigen, ggf. Austausch gegen eine kolloidale Infusionslösung (z. B. Gelatine, Kap. 9.3.1)
- i. v. Atropin-Gabe bei übermäßig hohem Niveau mit Blockade der Nn. accelerantes

Ursachen und Therapie von starkem Blutdruckabfall und reflektorischer Bradykardie im Rahmen einer rückenmarksnahen Regionalanästhesie werden ausführlich unter „Mögliche Nebenwirkungen“ (S. 439) beschrieben.

Da die Wirkung einer Periduralanästhesie wesentlich langsamer beginnt als die einer Spinalanästhesie, setzt auch der Blutdruckabfall hierbei relativ langsam ein. Er kann normalerweise problemlos abgefangen werden. Bereits vor Beginn der Periduralanästhesie sollte eine evtl. vorbestehende intravasale Hypovolämie ausgeglichen werden.

Thorakale Periduralanästhesie

Häufig wird ein Periduralkatheter lumbal (v. a. bei L3/L4) eingeführt. Damit können v. a. Operationen im Bereich der unteren Extremitäten, des Beckens und des Unterbauches durchgeführt bzw. Schmerzen in diesem Bereich behandelt werden. Sollen jedoch auch mittlere oder hohe Thorakalsegmente blockiert werden, müssten über einen lumbalen Periduralkatheter sehr hohe Volumina an Lokalanästhetika verabreicht werden, um ein ausreichend hohes Aufsteigen der PDA zu erzielen. Sollen im Rahmen der postoperativen Analgesie Oberbauch- oder Thoraxschmerzen therapiert werden, dann wäre hierzu eine lumbale Periduralanästhesie von Nachteil, weil sich die Blockade dann von sakral bis thorakal erstrecken müsste. Es käme dann auch zu einer motorischen Schwäche der Beine, wodurch eine frühzeitige postoperative Mobilisierung behindert würde (was z. B. im Rahmen des modernen Fast-Track-Konzepts (S. 1408) sehr unerwünscht wäre). Außerdem käme es hierbei zu einer Blockade des sakralen Parasympathikus mit Miktionsstörungen. Daneben würde durch die ausgedehnte Blockade auch ein stärkerer Blutdruckabfall drohen, der oft durch eine entsprechende Volumengabe kompensiert werden müsste (während für das moderne Fast-Track-Konzept eine eher zurückhaltende Flüssigkeitszufuhr (S. 1406) wichtig ist).

Merke

M!

Im Idealfall sollte daher die Spitze eines Periduralkatheters ungefähr in der Mitte der auszuschaltenden Segmente liegen (vgl. ► Tab. 16.13). Nur dadurch ist es möglich, eine segmentale Analgesie im operierten Bereich zu erzielen. Auch bei einer segmentalen thorakalen PDA kann es zu einem Blutdruckabfall kommen (S. 454).

Eine PDA im Bereich der Brustwirbelsäule (thorakale Periduralanästhesie) wird häufig bei größeren Oberbaucheingriffen, bei abdomin thorakalen Eingriffen, bei thorakalen Operationen oder nach Rippenserienfrakturen angelegt (S. 1590). Damit können diese pneumoniegefährdeten Patienten postoperativ relativ gut durchatmen und weitgehend schmerzfrei abhusten.

Während die thorakale Periduralanästhesie früher heftig umstritten war, erlebt sie seit etlichen Jahren eine Renaissance ([653]; [567]; [601]) und ist inzwischen v. a. nach großen thorakalen oder abdominal-chirurgischen Eingriffen fest etabliert [592]. Dies ist v. a. durch die damit erzielbare sehr gute analgetische Wirkung (S. 1590) zu erklären.

Tab. 16.13 Empfohlene Punktionshöhe bei Anlage eines Periduralkatheters in Abhängigkeit vom operativen Eingriff.

Operationsort	Punktionshöhe	angestrebte Anästhesieausbreitung
Thorakotomie	Th 6/7	Th 2–8
abdominothorakale OP	Th 7/8, Th 8/9	Th 4–12
Oberbauch-OP (z. B. Gastrektomie)	Th 8/9; Th 9/10	Th 6–12
Unterbauch-OP	Th 10/11, Th 11/12	Th 8–L2
abdominale Aorten-OP	Th 10/11, Th 11/12	Th 8–L2
untere Extremität	L 3/4	Th 12–S1

Beim Aufsuchen der gewünschten Punktionshöhe helfen folgende Orientierungspunkte:

- das kaudale Ende der Schulterblätter befindet sich in Höhe des 7. Brustwirbelkörpers (BWK)
- der im Nacken besonders gut tastbare Dornfortsatz gehört zum 7. Halswirbelkörper (HWK; Vertebra prominens)
- das in den Flanken tastbare Ende der untersten, d. h., der 12. Rippe, endet auf Höhe des 12. BWK
- die Verbindungslinie der beiden Beckenkämme schneidet die Wirbelsäule im Bereich des Processus spinosus LWK4

Technisch ist die Punktion im mittleren Thoraxbereich (Th 4–Th 9 aufgrund der besonders steil verlaufenden Dornfortsätze (► Abb. 16.23) deutlich schwieriger als im unteren oder hohen Thorakalbereich, sodass öfter auch für Thorakotomien bei z. B. Th 9/Th 10 punktiert wird.

Eine thorakale **Punktion** sollte möglichst am sitzenden Patienten vorgenommen werden. Es ist auf eine sorgfältige Desinfektion der (talgdrüsenreichen) Haut zu achten (Kap. 16.3.3). Bei einer thorakalen Periduralanästhesie muss (v. a. im mittleren Thoraxbereich) wegen des Verlaufs der Wirbelkörperdornfortsätze relativ steil (ca. 30–60°) nach kranial gestochen werden (► Abb. 16.23). Tiefthorakal muss deutlich weniger steil punktiert werden. Hochthorakal ist meist eine Stichrichtung von 30–45° nach kranial notwendig. Der Widerstandsverlust ist bei einer thorakalen Punktion oft deutlich geringer als bei einer lumbalen Punktion (schwächer ausgebildetes Lig. flavum; bei Th 6 nur ca. 3 mm stark). In ca. 90–95% der Fälle gelingt zwar der mediane **Zugangsweg**, v. a. im mittleren Thorakalbereich (Th 4–Th 9; ► Abb. 16.23) verlaufen die Dornfortsätze aber sehr steil, was die mittige Punktion erschweren kann. Daher bietet sich in diesem Bereich öfter die seitliche bzw. paramediane Punktionstechnik an. Hierbei wird der gewünschte Zwischenwirbelraum durch Erasten der entsprechenden beiden Dornfortsätze aufgesucht und dann ca. 1,5 cm lateral der Unterkante des darüberliegenden Dornfortsatzes punktiert (ca. 15° nach medial, ca. 35° nach kranial). Der Rechtshänder sollte möglichst rechts von der Mittellinie punktieren, da dies für ihn einfacher ist. Bei der paramedianen Technik ist zu beachten, dass die Tuohy-Kanüle zu Beginn der Punktion weniger fest im Gewebe sitzt als bei der medianen Technik, da das Lig. supraspinale und das Lig. interspinale nicht passiert werden. Bei Knochenkontakt mit dem (darunterliegenden) Wirbelbogen muss nun erneut etwas steiler vorgestochen werden. Erst wenn die Kanüle ins Lig. flavum eindringt, tritt der übliche derbe Widerstand beim Vorschieben der Kanüle auf und es lässt sich keine Kochsalzlösung mehr injizieren. Das Lig. flavum soll auch bei der paramedianen Punktionstechnik hierbei in der Mittellinie (an seiner stärksten Stelle) punktiert werden.

Bei einer thorakalen (!) Periduralanästhesie am sitzenden (!) Patienten wird manchmal noch – anstatt der üblichen Widerstandsverlustmethode – die Methode des „hängenden Tropfens“ angewandt [701]. Hierbei wird die Tatsache ausgenutzt, dass am sitzenden Patienten im thorakalen (nicht jedoch im lumbalen) Periduralraum ein Unterdruck herrscht (solange der Patient nicht presst oder hustet und die Kanüle nicht mit einem Gewebezylinder verstopft ist). An den Konus der ins Gewebe eingeführten und mit Kochsalzlösung gefüllten Tuohy-Kanüle wird ein Tropfen angehängt. Tritt die Kanülenspitze bei weiterem Vorschieben in den Periduralraum ein, wird der Tropfen weggesaugt. Vorteil dieser Technik ist, dass die Kanüle mit beiden Händen sehr fest gehalten und kontrolliert vorgeschoben werden kann. In der Klinik des Autors wird ausschließlich die Widerstandsverlustmethode angewandt.

Bei der Punktion im Thorakalbereich sollte der Kanülenschliff stets nach kranial zeigen, wodurch die Gefahr einer Duraverletzung minimiert werden kann. Wegen der stark nach kranial gerichteten Punktion gelangt die Tuohy-Kanüle relativ spitzwinklig in den Periduralraum. Eine Durapunktion ist daher unwahrscheinlicher als im Lumbalbereich, obwohl der Periduralraum schmaler ist (ca. 3–4 mm). Die Inzidenz einer Duraperforation wurde im unteren Thoraxbereich mit 3,4%, im mittleren Thoraxbereich mit 0,9% und im oberen Thoraxbereich mit 0,4% angegeben [601]. Bleibende neurologische Defizite wurden in dieser Studie bei über 4000 thorakalen Periduralanästhesien nicht beobachtet [601]. Die Versagerquote bei der thorakalen Periduralanästhesie wurde mit ca. 7% angegeben [667].

Merke

M!

Eine thorakale Periduralanästhesie ist nur dem erfahrenen Anästhesisten vorbehalten. Bei einer versehentlichen Duraperforation droht eine Rückenmarksverletzung!

Sofern es organisatorisch möglich ist, empfiehlt es sich, den Katheter bereits am Vorabend der Operation zu legen und auszutesten. Für hoch thorakale Blockaden wird ca. 50% weniger Volumen an Lokalanästhetikum und bei einer tief thorakalen Blockade wird ca. 30% weniger Volumen an Lokalanästhetikum pro auszuschaltendem Segment empfohlen als bei einer lumbalen Blockade (► Tab. 16.12). Die Ursache ist darin zu sehen, dass der thorakale Periduralraum ein deutlich geringeres Volumen aufweist als der lumbale Periduralbereich. Insbesondere der thorakale ventrale Periduralraum ist sehr klein bzw. nicht existent, da in diesem Bereich meist das Lig. longitudinale posterius direkt mit der Dura mater verwachsen ist. Für eine tief bzw.

Tab. 16.14 Kurzinformation Periduralanästhesie.

Kriterium	Details
Charakteristika	Punktion lumbal oder thorakal möglich; technisch wesentlich schwieriger als die Spinalanästhesie, bei fehlerhafter Punktion oberhalb von L3 Rückenmarksverletzung möglich, gute postoperative (segmentale) Analgesie möglich
Einsatz	Eingriffe v. a. an unterer Körperhälfte, aber auch im Bauchraum und im Thoraxbereich, Schmerztherapie, Verbesserung der Durchblutung, Stimulierung der Darmtätigkeit
Kontraindikationen	<ul style="list-style-type: none"> • allgemeine Kontraindikationen für Regionalanästhesieverfahren (► Tab. 16.1) • starke Hypovolämie • erhöhter intrakranieller Druck • relative Kontraindikationen <ul style="list-style-type: none"> ◦ anatomische Veränderungen im Bereich der Lendenwirbelsäule ◦ neurologische Erkrankungen
Risiken	Blutdruckabfall, Duraverletzung, Nerven- oder Rückenmarksverletzung, peridurales Hämatom, Katheterabscherung, Abszessbildung
Medikamente	Ausbreitung der PDA abhängig vom injizierten Volumen; Tachyphylaxie berücksichtigen, Differenzialblockade und peridurale Opioid-Gabe möglich; benötigte Menge an Lokalanästhetikum: vgl. ► Tab. 16.12; zusätzlich evtl. Sufentanil (z. B. 0,5 µg/ml Lokalanästhetikum; s. a. Kap. 15.1.2)
Empfehlungen	falls möglich, die kontinuierliche Katheter-Periduralanästhesie vorziehen

hoch thorakale PDA werden zum initialen Hochspritzen insgesamt oft ca. 10 bzw. 6–8 ml benötigt.

Es empfiehlt sich stets eine fraktionierte Gabe des Lokalanästhetikums. Sollte es beim übermäßigen Hochspritzen bei einer thorakalen PDA zu einer Bradykardie (S.440) kommen (durch Blockade der Nn. accelerantes), dann kann es notwendig sein, ggf. Atropin intravenös zu verabreichen. Bei Blockade der Segmente Th 1–Th 6 soll es u. U. – durch Überwiegen des Parasympathikotonus – auch zu einer Bronchokonstriktion kommen können.

Wird die postoperative Schmerztherapie (S.1591) über einen thorakalen PDK durchgeführt, dann wird zumeist ein niedrigprozentiges Lokalanästhetikum mit einem Opioid kombiniert, z. B. Ropivacain 0,16–0,175–0,2% plus 0,5 µg/ml Sufentanil (z. B. 0,5 µg Sufentanil pro ml Lokalanästhetikum, s. a. Kap. 15.1.2). Bei kontinuierlicher Gabe empfiehlt sich über einen tief bzw. hoch thorakal platzierten PDK eine Infusionsrate von ca. 8 bzw. 6 ml/h.

Mittels thorakaler PDA ist nach großen Oberbaucheingriffen (z. B. Whipple-Operation, Gastrektomie) und Thorakotomien die effektivste Schmerztherapie (S.1590) möglich. Außerdem ist damit eine bessere Stimulation der Magen-Darm-Tätigkeit (im Vergleich zu einer lumbalen PDA) möglich (Übersicht bei [692]).

Der thorakale PDA-Katheter kann im Prinzip auch ausschließlich mit einem Opioid, z. B. mit 3–4 mg Morphin (Verdünnung mit NaCl 0,9% auf [3–]5 ml) 2- bis 3-mal pro Tag bedient werden. Es ist hierbei auf das Risiko einer evtl. verzögerten Atemdepression (S.452) zu achten. Der Vorteil einer rückenmarksnahen alleinigen Opioid-Gabe wäre, dass es hierbei zu keinem Blutdruckabfall und zu keiner Bradykardie kommt, was bei (zusätzlicher) Verwendung eines Lokalanästhetikums möglich ist. Es wird eine reine Analgesie erzielt. Die ausschließliche Gabe eines Opioids (ohne zusätzliches Lokalanästhetikum) wird im Rahmen der postoperativen Schmerztherapie inzwischen nur noch sehr selten durchgeführt und wird fast nur noch im Rahmen der Tumorschmerztherapie praktiziert.

Wesentliche Informationen zur Periduralanästhesie sind in ► Tab. 16.14 zusammengefasst.

Kombinierte Spinal- und Periduralanästhesie

Bei der kombinierten Spinal- und Periduralanästhesie („combined spinal and epidural anesthesia“, CSE) wird versucht, die Vorteile der Spinalanästhesie (schneller Wirkungsbeginn, gute motorische Blockade) mit den Vorteilen der Periduralanästhesie (Möglichkeit der wiederholten Nachinjektion über einen peridural liegenden Katheter) zu kombinieren. Insgesamt hat sich die Methode der CSE nicht weit verbreitet.

Detailwissen

Durchführung einer CSE

Nachdem der Periduralraum mithilfe z. B. einer konventionellen Tuohy-Kanüle (S. 447) aufgesucht wurde, wird durch die Periduralkanüle eine möglichst dünne (26–32 G starke) und überlange Spinalkanüle eingeführt und damit die Dura perforiert und eine Spinalanästhesie durchgeführt (► Abb. 16.45a). Die Spinalkanüle sollte ca. 1,5 cm über die Spitze der Periduralkanüle hinaus vorgeschoben werden. Da bei der CSE meist ultradünne Spinalkanülen verwendet werden, ist das Risiko von postspinalen Kopfschmerzen (S. 440) minimiert. Die Liquoraspiration ist allerdings bei diesen ultradünnen Kanülen deutlich erschwert. Außerdem muss beachtet werden, dass die Spinalkanüle bei Konnektion der Spritze, bei der Liquoraspiration bzw. bei der Injektion des Lokalanästhetikums leicht dislozieren kann. Zum Einführen der Spinalkanüle sollte die Öffnung der PDA-Kanüle nach kaudal gedreht werden, sodass die eingeführte Spinalkanüle durch die gebogene Spitze der Tuohy-Kanüle leicht nach kaudal abweicht. Nach Injektion des Lokalanästhetikums in den Liquorraum wird die Spinalkanüle entfernt und die Öffnung der Tuohy-Kanüle nach kranial gedreht. Dann wird ein Periduralkatheter über die Periduralkanüle eingeführt. Durch die beschriebene Drehung der Tuohy-Kanüle soll verhindert werden, dass der PDA-Katheter in Richtung des punktionsbedingten Dura-Lecks vorgeschoben wird. Nachteil dieses Verfahrens ist, dass die korrekte Lage des Periduralkatheters nicht mittels einer „Testdosis“ (S. 449) geprüft werden kann, da dies aufgrund der zuvor angelegten Spinalanästhesie nicht mehr möglich ist. Es ist daher eine besonders vorsichtige fraktionierte Injektion über den PDA-Katheter notwendig, um eine versehentliche subarachnoidale Katheterlage sicher erfassen zu können.

Bei Verwendung einer konventionellen Tuohy-Kanüle kann es zu Metallabschilferungen kommen, wenn die Spinalkanüle durch die gebogene Spitze der Periduralkanüle vorgeschoben wird. Es stehen auch spezielle Tuohy-Kanülen für die CSE zur Verfügung. Es handelt sich z. B. um Tuohy-Kanülen, die an der gekrümmten Kanülenspitze ein Auge („back eye“; ► Abb. 16.45b) aufweisen, durch das die Spinalkanüle vorgestoichen werden kann (z. B. ESPOCAN; Fa. B. Braun Melsungen). Hierdurch sind Metallabschürfungen beim Vorschieben der Spinalkanüle durch die Tuohy-Kanüle vermeidbar. Das ESPOCAN-CSE-Set verfügt außer-

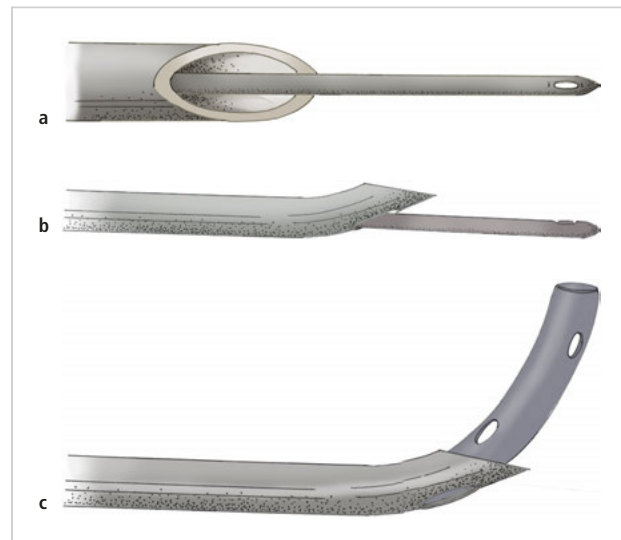


Abb. 16.45 Kanülen für die kombinierte Spinal- und Periduralanästhesie („combined spinal and epidural anaesthesia“, CSE).
a Konventionelle Periduralkanüle mit eingeführter Spinalkanüle.
b Spezielle Periduralkanüle mit sog. „back eye“ und eingeführter Spinalkanüle.
c Spezielle Periduralkanüle mit eingeführtem Periduralkatheter.

dem über eine Zentrier- sowie Arretierleiste, damit die Spinalkanüle problemlos durch das „back eye“ gleitet und damit die Spinalkanüle nach erfolgter Duraperforation nicht mehr verrutscht. Bei Verwendung einer Tuohy-Kanüle mit einem „back eye“ sind die oben beschriebenen Drehungen der Tuohy-Kanüle nicht sinnvoll.

Inzwischen stehen auch zweilumige CSE-Kanülen zur Verfügung, über die zuerst der Periduralkatheter eingeführt und anschließend über den zweiten Kanal die Spinalkanüle vorgeschoben und eine Spinalanästhesie durchgeführt werden kann. Hierbei ist eine vorherige Testung (S. 449) des Periduralkatheters theoretisch möglich. Dazu muss der Patient allerdings mit eingeführter Periduralkanüle ca. 5 Minuten ruhig sitzen bleiben, um den Erfolg einer Testdosis abwarten zu können.

16.3.16 Plexusblockaden an den unteren Extremitäten

Allgemeine Bemerkungen und Grundlagen

Plexusblockaden sowie Blockaden einzelner Nerven werden an den unteren Extremitäten seltener als an den oberen Extremitäten durchgeführt. Dies ist v. a. dadurch bedingt, dass Spinal- und Periduralanästhesie sehr populär und relativ einfach sind.

Außerdem sind die Fasern des Plexus lumbosacralis, der die unteren Extremitäten versorgt, nicht eng gebündelt und können daher nicht durch eine einzelne Injektion blockiert werden. Des Weiteren sind die Blockadetechniken an den unteren Extremitäten zum Teil komplizierter als an den oberen Extremitäten. Auf der anderen Seite haben die peripheren Blockaden geringere Risiken, sodass sie als Alternative zu den rückenmarksnahen Verfahren in Erwägung gezogen werden sollten [561].

Grundlagenwissen

Anatomie des Plexus lumbosacralis

Die Innervation der unteren Extremitäten erfolgt über den Plexus lumbosacralis, der sich aus dem Plexus lumbalis (L1–L4, in ca. 50% auch Fasern aus Th12) und dem Plexus sacralis (L5–S4, z. T. auch Fasern aus L4) zusammensetzt (► Abb. 16.46). Der Plexus lumbosacralis kann stärkeren anatomischen Variationen unterworfen sein. Auch die Versorgungsgebiete der einzelnen Nerven an Bein und Fuß können deutlich variieren.

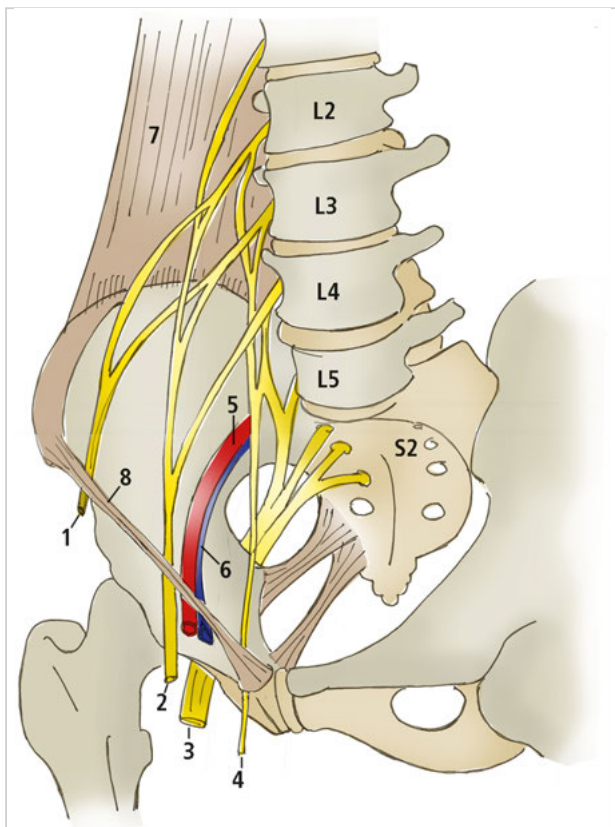


Abb. 16.46 Anatomie des Plexus lumbosacralis. 1 = N. cutaneus femoris lateralis, 2 = N. femoralis, 3 = N. ischiadicus, 4 = N. obturatorius, 5 = A. femoralis, 6 = V. femoralis, 7 = M. quadratus lumborum, 8 = Lig. inguinale.

Der **Plexus lumbalis** verläuft im Lendenbereich zwischen dem (ventral davon gelegenen) M. psoas major und dem (dorsal davon gelegenen) M. quadratus lumborum. Im Bereich des Beckens verläuft der Plexus lumbalis zwischen M. psoas und M. iliacus. Die Nerven des Plexus lumbalis verlaufen zur Vorderseite des Beins.

Der **Plexus sacralis** verläuft kaudal des Plexus lumbalis und verlässt das Becken durch das Foramen ischiadicus majus nach dorsal. Die Nerven des Plexus sacralis ziehen zur Rückseite des Beins. Aufgrund dieser unterschiedlichen anatomischen Lage können der Plexus lumbalis und der Plexus sacralis nicht mittels einer einzelnen Injektion gemeinsam blockiert werden.

Die wichtigsten Nerven des Plexus lumbalis sind:

- N. cutaneus femoris lateralis (L2/L3): Er stellt einen rein sensiblen Nerv dar und versorgt die Oberschenkelaußenseite und

damit auch den Bereich, in dem zumeist der operative Zugang für Hüft- und Schenkelhalsoperationen liegt.

- N. femoralis (L2–L4, zum Teil auch Fasern aus L1): Er versorgt sensibel den ventralen und medialen Oberschenkel, zum Teil das Hüftgelenk, größtenteils das Periost des Femurs sowie große Teile des Kniegelenks. Sein sensibler Endast, der N. saphenus, versorgt die mediale Seite des Unterschenkels bis zur Großzehe. Motorisch versorgt der N. femoralis den M. quadriceps femoris (Kniestreckung, Hüftbeugung), den M. sartorius und den M. pectineus.
- N. obturatorius (L3/L4, zum Teil auch Fasern aus L2): Er versorgt sensibel einen Teil der Oberschenkelinnenseite und teilweise die Haut über dem medialen Knie, zum Teil auch das Hüft- und Kniegelenk. Motorisch innerviert er die Adduktoren und den M. gracilis.

Sonstige wichtige Nerven des Plexus lumbalis (die allerdings frühzeitig den Plexus lumbalis verlassen) sind:

- N. iliohypogastricus (Th12–L1): Er versorgt sensibel die Haut der Leistengegend.
- N. ilioinguinalis (L1): Er versorgt sensibel die oberen $\frac{2}{3}$ des Skrotums beim Mann bzw. den Mons pubis und die Labien bei der Frau.
- N. genitofemoralis (L1/L2): Der R. genitalis versorgt z. T. das Skrotum bzw. die Labien, der R. femoralis versorgt den ventralen Oberschenkel direkt unterhalb des Leistenbandes.

Die wichtigsten Nerven des Plexus sacralis sind:

- Der N. ischiadicus (L5–S3, zum Teil auch Fasern aus L4). Er ist der dickste Nerv des Körpers und versorgt (über den relativ früh abgehenden N. cutaneus femoris posterior) sensibel den dorsalen Oberschenkel sowie den gesamten Unterschenkel und Fuß mit Ausnahme eines Hautstreifens am medialen Unterschenkel und medialen Fuß, der durch den N. saphenus (den Endast des N. femoralis) innerviert wird. Motorisch vermittelt der N. ischiadicus die Kniebeugung, außerdem innerviert er die Wadenmuskulatur. Der N. ischiadicus teilt sich im Bereich der kranialen Kniekehle in den N. tibialis und den N. fibularis (peroneus) communis. Der N. tibialis (L5–S3) vermittelt Plantarflexion und Supination des Fußes; der N. fibularis communis (L5–S3) teilt sich in den N. fibularis profundus der sensibel nur die Haut der lateralen Hälfte der 1. Zehe und die mediale Hälfte der 2. Zehe sensibel innerviert. Sonst versorgt er motorisch die Dorsalflexion und Pronation des Fußes. Der N. fibularis superficialis ist zum größten Teil ein sensibler Nerv und innerviert die Haut von Unterschenkel, Fußsohlen und Zehen.
- Der N. pudendus (S2–S4). Er versorgt motorisch den Beckenboden. Sensibel versorgt er den Damm und z. T. die Labien bzw. das Skrotum. Er ist u. a. auch für die Blaseninnervation zuständig.

Die Hautinnervation an der unteren Extremität lässt sich gut den entsprechenden Rückenmarksegmenten zuordnen (L1 = Leiste; L4 = Innenknöchel und medialer Anteil der 1. Zehe; L5 = lateraler Anteil der 1. Zehe und 2.–3. Zehe; S1 = 4. und 5. Zehe sowie Außenknöchel; S3–5 = Gluteal- und Analbereich; s. a. ► Abb. 16.25).

Blockade des N. femoralis

Die Blockade des Plexus lumbalis im Bereich der Leiste wurde erstmals 1973 von Alon P. Winnie unter der Bezeichnung „3-in-1-Block“ beschrieben [715].

Bei dem 3-in-1-Block wurde versucht, gleichzeitig 3 Nerven (N. femoralis, N. obturatorius und N. cutaneus femoris lateralis) von einer Punktionsstelle aus zu blockieren [715]. Da es allerdings zumeist nicht gelingt (S.460), alle 3 Nerven durch eine Injektion zu blockieren, sondern nur der N. femoralis sicher blockiert werden kann, wird inzwischen (meist) nicht mehr vom 3-in-1-Block (nach Winnie), sondern nur von einer Blockade des N. femoralis gesprochen.

Vorgehen

Für die Durchführung einer Blockade des N. femoralis wird der Patient im flachgestellten Bett auf dem Rücken **gelagert**. Das zu punktierende Bein wird ca. 15° abduziert. Um die meist leichte

Beugehaltung im Hüftgelenk aufzuheben und die Punktion zu erleichtern, sollte unter die entsprechende Gesäßseite ein Polster geschoben werden. Es ist eine entsprechende Desinfektion (Kap. 16.3.3) des Punktionsbereichs vorzunehmen.

Inzwischen wird für die landmarkenorientierte und elektrostimulationsgestützte Punktion empfohlen (Punktionstechnik nach Meier), ca. 1 cm distal der Leistenfalte (ca. 4–5 cm kaudal des Leistenbandes) und ca. 1,5 cm lateral der A. femoralis in einem flachen Winkel von ca. 30° zur Hautoberfläche nach kranial zu punktieren (► Abb. 16.47a).

Im Punktionsbereich verläuft der N. femoralis ungefähr 1,5 cm lateral der gut tastbaren A. femoralis. Bezüglich des Gefäß- und Nervenverlaufs gilt die Merkhilfe: „IVAN“: I = innen beginnend; V = V. femoralis; A = A. femoralis; N = N. femoralis).

Während V. und A. femoralis zwischen oberflächlicher Fascia lata und tieferer Fascia iliaca verlaufen, liegt der N. femoralis unterhalb der Fascia iliaca (► Abb. 16.47b, ► Abb. 16.47c). Beim Vorstechen bis zum N. femoralis kann daher oft ein zweimaliger

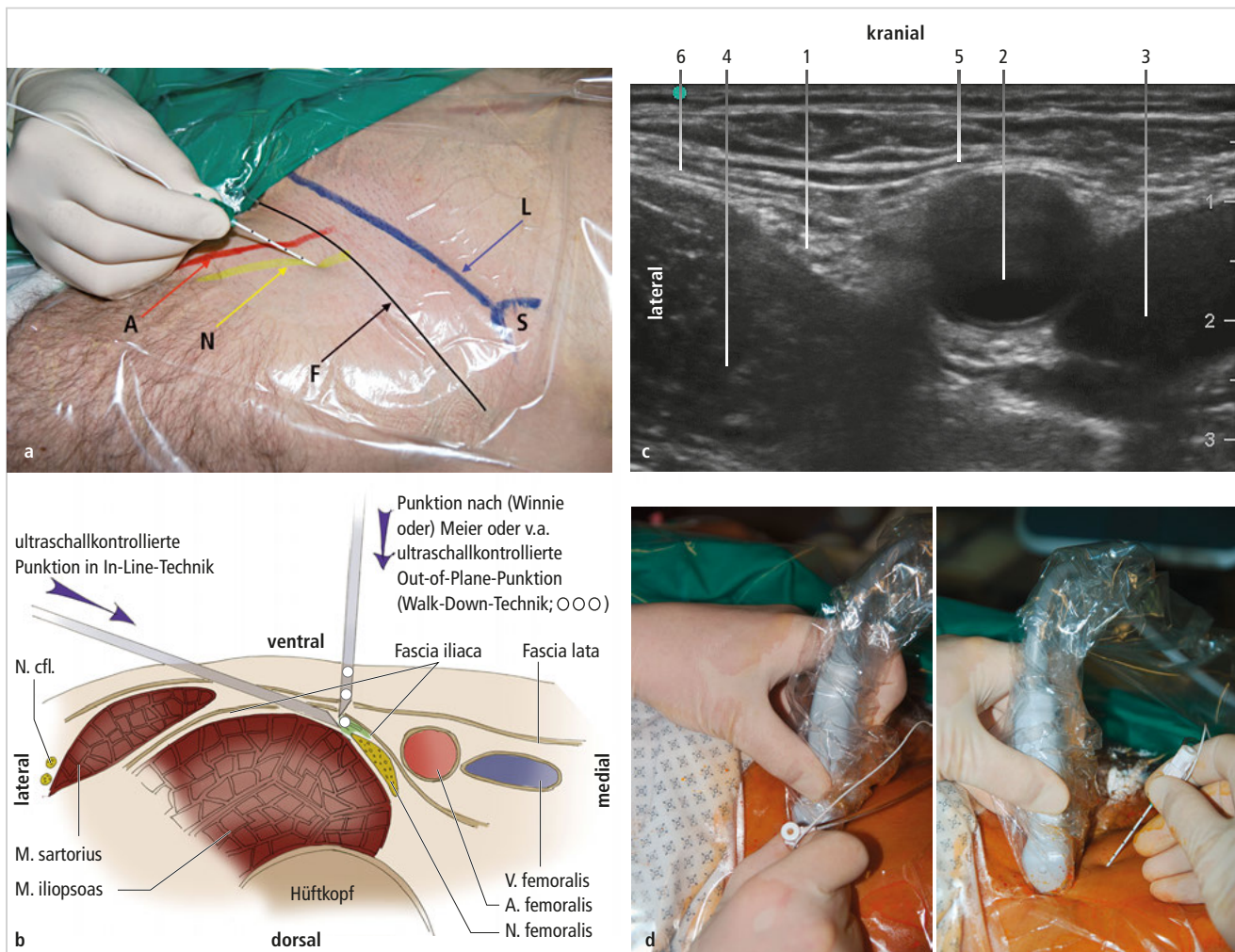


Abb. 16.47 Blockade des N. femoralis.

- a Punktionstechnik nach Meier; Punktion ca. 1 cm kaudal der Leistenfalte (F) und ca. 1,5 cm lateral der A. femoralis (A) auf den N. femoralis (N) zu; zusätzlich sind Spina iliaca anterior superior (S) und Leistenband (L) eingezeichnet.
- b Blockade des N. femoralis; schematische Darstellung. Während A. und V. femoralis zwischen der oberflächlichen Fascia lata und der tieferen Fascia iliaca verlaufen, liegt der N. femoralis unterhalb dieser 2 Faszien. N.cfl. = N. cutaneus femoris lateralis.
- c Außer der echoreichen, dreieckigen Darstellung des N. femoralis (1) sind A. femoralis (2), V. femoralis (3), M. iliopsoas (4), Fascia lata (5) und Fascia iliaca (6) darstellbar.
- d Der N. femoralis wird mittels Ultraschall knapp unterhalb des Leistenbandes quer dargestellt. Punktiert wird idealerweise in In-Line-Technik (d1) in einem Winkel von ca. 30°; eingestochen wird stets knapp lateral der Ultraschallsonde. Es kann auch in Out-of-Plane-Technik punktiert werden (d2). Die Kanülenspitze muss unbedingt knapp unter (!) der Fascia iliaca liegen und das Lokalanästhetikum muss sich zwischen dieser Faszie und dem M. iliopsoas ausbreiten.

charakteristischer Widerstandsverlust bei der Perforation dieser beiden Faszien bemerkt werden [621].

Bei der gleichzeitig durchzuführenden peripheren **Nervenstimulation** müssen – bei richtiger Kanülenlage – Kontraktionen des M. quadriceps femoris mit Kranialwärtsbewegungen der Kniescheibe auftreten („tanzende Patella“). Muskelzuckungen lediglich im Bereich des M. sartorius sprechen nicht für eine korrekte Kanülenposition, denn der den M. sartorius motorisch versorgende Ast des N. femoralis verlässt die gemeinsame inguinale Faszienloge weit kranial und verläuft medial des N. femoralis. Es muss dann weiter lateral punktiert werden. Oft handelt es sich hierbei auch um eine direkte Stimulation des lateral des N. femoralis liegenden M. sartorius. Bisher wurde meist davon ausgegangen, dass die Kanülenspitze dann optimal an den Nerv angenähert ist, wenn bei einer Reizstromstärke von ca. 0,3–0,5 mA (bei einer Impulsbreite von 0,1 ms) motorische Reizantworten auslösbar waren. Inzwischen wird offiziell empfohlen, eine Stimulationsamplitude < 0,5 mA nicht anzustreben (S. 363).

Inzwischen wird zumeist eine ultraschallkontrollierte Punktion durchgeführt. Bei einer **ultraschallgesteuerten Punktion** sollte der Schallkopf in der Leistenfalte aufgesetzt werden. V., A. und N. femoralis werden quer dargestellt (► Abb. 16.47c) und es kann nun in In-Line-Technik oder in Out-of-Plane-Technik (► Abb. 16.47d links bzw. rechts) unter Kanülenspitzenavigation punktiert werden. Bei der In-Line-Technik (► Abb. 16.47d links) wird in einem Winkel von ca. 30° von knapp lateral des Schallkopfs punktiert. Die Spitze der Kanüle muss sicher bis knapp unter (!) die Fascia iliaca vorgeschoben werden (► Abb. 16.47b, ► Abb. 16.47c) und das Lokalanästhetikum soll sich nicht im Muskel, sondern zwischen M. iliopsoas und Fascia iliaca ausbreiten. Bei der (ultraschallgesteuerten) Punktion soll (wie immer) auf eine gedachte Linie zupunktiert werden, die direkt neben (hier lateral) des zu blockierenden Nervs verläuft, damit bei versehentlich zu tiefem Vorstechen nicht in den Nerv, sondern knapp am Nerv vorbei punktiert wird (S. 363).

Für die landmarkenorientierte und elektrostimulationsgestützte Blockade des N. femoralis werden 30(–40) ml, für die ultraschallkontrollierte Blockade werden ca. (10–)20 ml **Lokalanästhetikum** empfohlen (zumeist Prilocain 1% oder evtl. Mepivacain 1%). Früher wurde empfohlen, bei der Injektion distal der Punktionsstelle zu komprimieren und ein relativ großes Volumen an Lokalanästhetikum zu verwenden. Dadurch sollte das Lokalanästhetikum entlang des N. femoralis nach kranial bis zum Psoas-Kompartiment aufsteigen, wo die 3 Hauptnerven des Plexus lumbalis noch eng beieinander liegen. Dadurch sollten der N. cutaneus femoris lateralis und der N. obturatorius mit erfasst werden. Dieses „Hochzwingen“ des Lokalanästhetikums sei dadurch möglich, da der N. femoralis bis herunter zum Leistenkanal bindegewebig umschichtet ist. Anhand von Magnetresonanztomographie-(MRT-)Untersuchungen konnte inzwischen gezeigt werden, dass sich das Lokalanästhetikum vom Injektionsort (Blockade des N. femoralis) nach lateral (Blockade des N. cutaneus femoris lateralis), etwas nach medial (Teilblockade des N. obturatorius) und nach kaudal (Blockade des N. femoralis) ausbreitet. Eine Ausbreitung nach kranial konnte nicht nachgewiesen werden [640]. Es sollte also keine Blockade des gesamten Plexus lumbalis erwartet werden.

Merke

M!

Bei einer (inguinalen paravaskulären) Blockade des N. femoralis gelingt es meist nicht (!), alle 3 Nerven des Plexus lumbalis zu blockieren, d. h., einen sog. 3-in-1-Block zu erzielen. Die **Plexusblockade** ist also zumeist **unvollständig**. Während der N. femoralis sich in der Regel gut blockieren lässt, wird der N. cutaneus femoralis lateralis nur selten und der N. obturatorius fast nie mit blockiert. Während für die landmarkenorientierte und elektrostimulationsgestützte Blockade meist 30–40 ml verabreicht werden, reichen für eine ultraschallkontrollierte N.-femoralis-Blockade schon (10–)20 ml Lokalanästhetikum aus.

Es sollte daher nur von einer Blockade des N. femoralis gesprochen werden.

Eine Blockade des N. femoralis kann evtl. auch in Kombination mit einer distalen Ischiadikusblockade (Kap. 16.3.17) durchgeführt werden. Damit kann das gesamte Bein distal des Knies betäubt werden. Durch eine proximale Ischiadikusblockade plus eine Blockade von N. femoralis, N. cutaneus femoralis lateralis (Kap. 16.3.17) und N. obturatorius (Kap. 16.3.17) kann das gesamte Bein blockiert werden. Hierbei sind keine wesentlichen Blutdruckveränderungen zu erwarten.

Indikationen

Indikationen für eine Blockade des N. femoralis in der Leiste sind:

- Initiale Schmerztherapie bei einer Schenkelhalsfraktur oder einer Femurschaftfraktur: Nach Anlage einer Blockade des N. femoralis lumbalis ist eine schmerzarme Lagerung der Patienten für die Röntgendiagnostik oder zur Durchführung einer Spinalanästhesie, in der die operative Versorgung dann häufig durchgeführt wird, möglich. Idealerweise wird zusätzlich noch der N. cutaneus femoralis lateralis (Kap. 16.3.17) blockiert.
- Schmerztherapie nach Arthroskopie/Knieoperation: Das Knie wird v. a. vom N. femoralis und N. cutaneus femoris lateralis innerviert. Der N. obturatorius und der N. ischiadicus sind bei der Innervation des Knies von geringerer Bedeutung. Bei einer Blockade des N. femoralis ist allerdings der N. cutaneus femoris lateralis häufig nicht ausreichend mitblockiert. Während für eine Arthroskopie die Blockade des N. femoralis idealerweise meist ausreicht, muss für eine größere Knieoperation zusätzlich auch der N. ischiadicus proximal blockiert werden.
- Schmerztherapie für Kniemobilisierung/Hüftmobilisierung
- Muskelbiopsie im Bereich des M. quadriceps, z. B. zur Abklärung bei Verdacht auf Sensibilität für eine maligne Hyperthermie (Kap. 33)
- Schmerztherapie nach Hüftoperationen: Nach endoprothetischen Hüftoperationen reicht eine alleinige kontinuierliche Blockade des N. femoralis (S. 461) für die postoperative Schmerztherapie meist nicht aus.
- Unterdrückung des Obturatoriusreflexes? Der N. obturatorius zieht an der lateralen Blasenwand vorbei zur Oberschenkelinnenseite. Bei einer Elektroresektion eines Tumors an der late-

ralen Blasenwand kann der N. obturatorius elektrisch stimuliert werden, wodurch störende Zuckungen der Adduktoren verursacht werden können. Früher wurde häufig festgestellt, dass bei der transurethralen Resektion eines Blasentumors in Spinalanästhesie durch einen zusätzlichen 3-in-1-Block eine Unterdrückung des Obturatoriusreflexes erzielbar sei. In der Regel gelingt es allerdings nicht, den Obturatoriusreflex mit einem „3-in-1-Block“ zu unterdrücken. Die Ursache ist darin zu sehen, dass der N. obturatorius weit kranial den Plexus lumbalis verlässt. Selbst wenn bei einem „3-in-1-Block“ das Lokalanästhetikum weit nach kranial aufsteigen und den N. obturatorius blockieren würde, wäre der N. obturatorius nur proximal der Blase blockiert. Dadurch kann eine weiter peripher stattfindende elektrische Reizung – z. B. im Rahmen einer transurethralen Operation im Bereich der lateralen Blasenwand – noch zu motorischen Reizantworten führen. Das Lokalanästhetikum müsste für eine erfolgreiche Unterdrückung des Obturatoriusreflexes bis zum Abgang des N. obturatorius hochsteigen und dann entlang dieses Nervs bis distal der lateralen Blasenwand abfließen und dort den Nerv erfolgreich blockieren. Durch eine Blockade proximal der lateralen Blasenwand kann der Obturatoriusreflex nicht ausgeschaltet werden. Eine peripher der Operationsstelle durchgeführte isolierte Blockade des N. obturatorius wäre hierfür notwendig, wird aber nur sehr selten vorgenommen (Kap. 16.3.17). Eine sichere Unterdrückung des Obturatoriusreflexes kann (beim narkotisierten Patienten) durch eine Relaxation erzielt werden.

Komplikationen

- Punktion der V. oder A. femoralis
- Nervenverletzung. Die Inzidenz einer passageren Nervenschädigung wurde mit 0,13 bis 0,34 pro 100 angegeben ([569]; [647]).

Kontraindikationen

- allgemeine Kontraindikationen für Regionalanästhesien (Kap. 16.3.2)
- Zustand nach gefäßprothetischem Ersatz der A. femoralis

Wesentliche Informationen zur Blockade des N. femoralis sind in ► Tab. 16.15 zusammengefasst.

Tab. 16.15 Kurzinformation Blockade des N. femoralis.

Kriterium	Details
Charakteristika	Anästhesie des ventralen (evtl. plus des lateralen) Oberschenkels, geringere Nebenwirkungen als bei der PDA
Einsatz	Eingriffe am anterioren Oberschenkel bis zur Patella, Schmerztherapie; z. B. Muskelbiopsie aus M. quadriceps
Kontraindikationen	<ul style="list-style-type: none"> • allgemeine Kontraindikationen für Regionalanästhesieverfahren (► Tab. 16.1) • gefäßprothetischer Ersatz der A. femoralis
Risiken	Gefäß-, Nervenverletzung
Medikamente	<ul style="list-style-type: none"> • für Operation: landmarkenorientierte und elektrostimulationsgestützte Punktion 30–40 ml, ultraschallkontrollierte Punktion ca. (10–)20 ml Lokalanästhetikum, zumeist Prilocain 1 % • für postoperative Schmerztherapie: 20(–30) ml Ropivacain 0,2 % als Boli oder 5–15 ml/h kontinuierlich
Empfehlungen	Nervenstimulator, evtl. zusätzlich Ultraschallgerät; möglichst am wachen Patienten durchführen

Kontinuierliche Blockade

Für eine (inguinale paravaskuläre) Blockade des N. femoralis stehen entsprechende Kathetersets zur Verfügung. Nach sorgfältiger Desinfektion (Kap. 16.3.3) und richtiger Kanülenpositionierung sollte bei der landmarkenorientierten und elektrostimulationsgestützten Blockade des N. femoralis der Katheter ca. 1–3 cm tief in die Faszienloge des N. femoralis vorgeschoben und dann festgenäht werden. Bei einer ultraschallgesteuerten Kathetereinlage kann gut in In-Line-Technik von lateral punktiert werden und der Katheter in die Loge zwischen dem M. iliopsoas und der Fascia iliaca eingeführt werden. Hierfür sollte eine Kanüle mit Sprotte- oder Tuohy-Spritze sowie ein Pigtail-(Curl-)Katheter verwendet werden (► Abb. 16.13 und ► Abb. 16.14). Bei einer Kathetereinlage in Out-of-Plane-Technik sollten eine Kanüle mit Quincke-Schliff oder Facetten-Schliff und ein gerader Katheter verwendet werden (► Abb. 16.13 und ► Abb. 16.14). Die Platzierung eines Katheters ist zumeist problemlos möglich. Nach negativer Aspiration auf Blut und anschließendem Aufschrauben eines Partikelfilters werden als Initialdosis (S. 460) meist ca. 30(–40) ml Prilocain 1 % injiziert. Als Repetitionsdosen bieten sich im Rahmen der postoperativen Schmerztherapie ca. 20(–30) ml Bupivacain 0,125–0,25 % oder Ropivacain 0,2 % alle 8 Stunden an. Die Analgesiequalität scheint bei postoperativer kontinuierlicher Gabe von 0,125 %igen Bupivacainkonzentrationen vergleichbar gut zu sein wie bei 0,25 % igem Bupivacain. Inzwischen wird meist für eine kontinuierliche Blockade Ropivacain 0,2 % (5–15 ml/h) verwendet (maximal 37,5 mg/h).

Für Katheter in der Leiste wurde eine Inzidenz leichter bzw. mittelschwerer und schwerer Infektionen (Kriterien vgl. Kap. 16.3.3) von 3,1, 1,9 und 1 % ermittelt [652].

16.3.17 Blockaden einzelner Nerven der unteren Extremitäten

An der unteren Extremität wird manchmal eine Blockade des N. cutaneus femoris lateralis oder des N. obturatorius oder N. is-

chiadicus, eine dorsale distale Ischiadikusblockade oder eine Blockade des N. saphenus durchgeführt (s. u.). Allerdings werden diese Blockaden insgesamt nur relativ selten bzw. nur in bestimmten Kliniken häufig vorgenommen.

Detailwissen

Nervenblockaden am Bein

Blockade des N. cutaneus femoris lateralis

Der rein sensible N. cutaneus femoris lateralis (aus L2/L3) zieht meist ca. 1–2 cm medial der Spina iliaca anterior superior unter (manchmal über) dem Leistenband zum Oberschenkel (zum M. sartorius; ► Abb. 16.47b). Dort verläuft er anfänglich unter der Fascia lata, um dann kurz unterhalb und medial der Spina iliaca anterior superior durch die Fascia lata nach subkutan zu ziehen.

Der Nerv versorgt die Oberschenkelaußenseite, weist aber eine große Variabilität seines Versorgungsgebietes auf.

Bei der ultraschallkontrollierten Punktion werden zuerst ca. 1 cm distal der Leistenfalte (S. 459) A., V. und N. femoralis quer dargestellt. Dann wird der Schallkopf nach lateral verschoben, bis der angrenzende (an der Spina iliaca superior ansetzende) M. sartorius erscheint (► Abb. 16.47b). Der Nerv liegt normalerweise vor dem lateralen Ende des nach lateral spitz auslaufenden M. sartorius. Der sehr oberflächlich verlaufende und manchmal schwer auffindbare Nerv ist an dieser Stelle meist schon in 2 Äste aufgeteilt, die dann in In-Line-Technik (in 2–3 cm Tiefe) mit 3–5 ml Lokalanästhetikum blockiert werden. Da es sich um einen rein sensiblen Nerv handelt, können mit einem Nervenstimulator keine motorischen Reizantworten ausgelöst werden.

Die isolierte Blockade des N. cutaneus femoris lateralis kann z. B. bei Spalthautentnahmen am äußeren Oberschenkel oder bei der Meralgia paraesthetica (schmerzhafte Neuritis des N. cutaneus femoris lateralis) bzw. bei einer inkompletten Blockade des Plexus lumbalis durchgeführt werden.

Blockade des N. obturatorius

Der N. obturatorius kann z. B. bei einer transurethralen Resektion eines lateralen Blasentumors (vgl. Unterdrückung des Obturatoriusreflexes (S. 460)) oder bei Adduktorenspasmen isoliert blockiert werden. Bei dem auf dem Rücken liegenden Patienten wird das Bein leicht abduziert und leicht außenrotiert. Bei der ultraschallkontrollierten Punktionstechnik werden zuerst ca. 1 cm unterhalb der Leistenfalte (vgl. Blockade des N. femoralis (S. 459)) die A. und V. femoralis quer dargestellt. Dann wird der Schallkopf nach medial über den angrenzenden M. pectineus und die beiden (übereinanderliegenden) und „Y“-förmig daran angrenzenden Mm. adductor longus und adductor brevis geführt. Am Schnittpunkt dieser 3 Muskeln findet sich der N. obturatorius. (Etwas weiter distal teilt sich der N. obturatorius in einen R. anterior [zwischen M. adductor longus und brevis] und einen R. posterior [zwischen M. adductor brevis und dem darunterliegenden M. adductor magnus] auf. Punktiert wird meist in Out-of-Plane-Technik unter Kanülenspitzenavigation (S. 366). Bei Punktion in In-Line-Technik darf nicht von zu weit lateral, sondern es muss nahe am Schallkopf relativ steil punktiert werden, um nicht die lateral da-

von verlaufende A./V. femoralis zu verletzen. Es genügen meist ca. 5 ml Lokalanästhetikum. Nach Auslösen motorischer Reizantworten im Bereich der Adduktoren werden – nach negativer Aspiration auf Blut – ca. 3–5 ml Lokalanästhetikum (z. B. Prilocain 1 %, Bupivacain 0,75 %) injiziert.

Ischiadikusblock

Der N. ischiadicus ist punktionstechnisch relativ schwierig zu erreichen. Es sind eine Reihe von Punktionstechniken beschrieben worden. Bei der Stimulation des N. ischiadicus sprechen sämtliche Muskelkontraktionen im Bereich von Unterschenkel und Fuß (bei Stimulation der Fasern des N. fibularis Dorsalflexion der Zehen und Pronation des Fußes; bei Stimulation der Fasern des N. tibialis Plantarflexion der Zehen und Supination des Fußes) für eine richtige Kanülenlage. Motorische Antworten oberhalb des Kniegelenks sprechen nicht für eine Stimulation des N. ischiadicus. Nach erfolgreicher landmarkenorientierter und elektrostimulationsgestützter Lokalisation des Nervs werden 30–40 ml Lokalanästhetikum (z. B. Prilocain 1 %) verabreicht. Bei ultraschallkontrollierter Punktion reichen ca. 15 ml Lokalanästhetikum aus. Eine Ischiadikusblockade ist meist nur dann sinnvoll, wenn zusätzlich – je nach Operationsgebiet – noch ein oder mehrere der drei wichtigsten Nerven des Plexus lumbalis (v. a. der N. femoralis (S. 459) oder der N. cutaneus femoris lateralis (S. 462)) blockiert wird. Da der N. ischiadicus zahlreiche sympathische Fasern enthält, kann mittels einer Ischiadikusblockade auch eine gute Sympathikusblockade am Bein (mit Gefäßweitstellung und Temperaturerhöhung) erzielt werden.

Landmarkenorientierte und elektrostimulationsgestützte Blockaden

Die **vordere Ischiadikusblockade** unter Nervenstimulation bietet sich v. a. dann an, wenn das (gesamte) Bein durch Kombination eines Ischiadikusblocks mit einer Blockade der wichtigsten Nerven des Plexus lumbalis blockiert werden soll. Dieser Kombinationsblock kann in Rückenlage (ohne Umlagerung des Patienten) durchgeführt werden. Die vordere Ischiadikusblockade bietet sich v. a. an, wenn der Patient wegen Schmerzen (z. B. Frakturen) nicht für eine andere Blockadeform, z. B. die dorsale Ischiadikusblockade (s. u.) gelagert werden kann.

Bei der (zumeist durchgeführten) Punktionstechnik nach Meier wird bei dem auf dem Rücken liegenden Patienten eine Verbindungslinie zwischen Spina iliaca anterior superior und Mitte der Symphyse und dazu eine Parallele durch den Trochanter major gezeichnet. Beim Übergang vom medialen zum mittleren Drittel der Verbindungslinie zwischen Spina iliaca anterior superior und Tuberculum pubicum wird das Lot nach kaudal gefällt. Dessen Schnittpunkt mit der oben genannten Parallelen durch den Trochanter major ergibt den Punktionsort (A in ► Abb. 16.48). Das Bein soll nicht außenrotiert werden, sondern in neutraler Position gelagert werden.

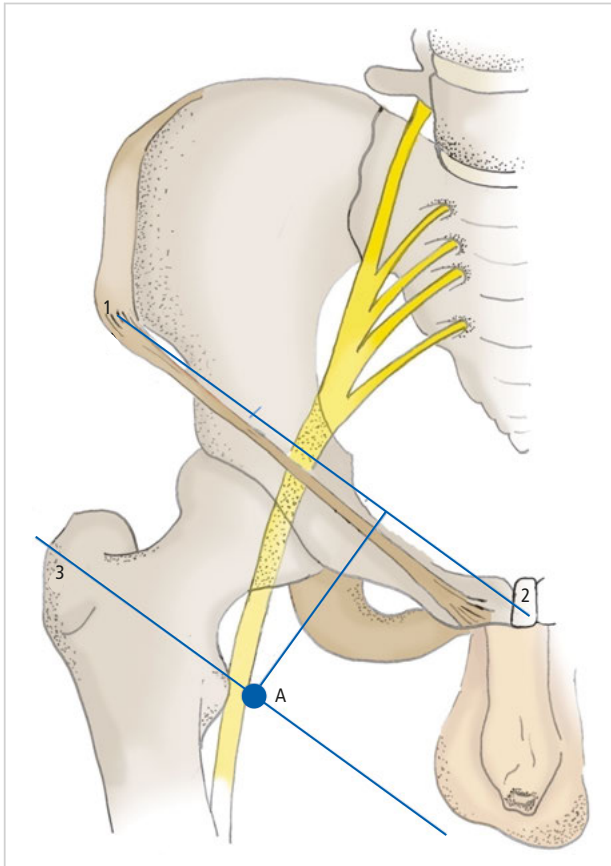


Abb. 16.48 Vordere Ischiadikusblockade. Punktionstechnik nach Meier. Beim Übergang vom medialen zum mittleren Drittel einer Verbindungslinie zwischen Spina iliaca anterior superior (1) und Mitte der Symphyse (2) wird das Lot nach kaudal gefällt. Dessen Schnittpunkt mit einer Parallelen (zur genannten Verbindungslinie) durch den Trochanter major (3) ergibt den Punktionsort bei A.

Die Punktion erfolgt (mit einer 10–15 cm langen Kanüle) nach dorsal und leicht lateral und ca. 20° nach kranial. Durch die etwas nach kranial gerichtete Punktionskanüle kann auch der aus dem N. ischiadicus abgehende N. cutaneus femoris posterior meist noch mitblockiert werden (wodurch auch z. B. eine Oberschenkelmanschette für eine Blutsperre meist gut toleriert wird). Es kommt normalerweise zu keinem (!) Knochenkontakt. Dadurch kann die Blockade relativ schmerzarm angelegt werden. Der Nerv wird (bei leicht nach kranial gerichteter Punktionskanüle und normalgewichtigen Patient) meist in 8–12 cm Tiefe angetroffen. Ist keine motorische Reizantwort auslösbar, sollte etwas weiter nach lateral punktiert werden. Bei der Punktion sollte mit Zeige- und Mittelfinger am festgelegten Punktionsort kräftig in die Muskulatur zwischen dem M. quadriceps femoris und den Adduktoren-muskeln gedrückt werden, um die Punktionsdistanz zu verringern und um A., V. und N. femoralis dabei nach medial zu verdrängen. Nach der landmarkenorientierten und elektrostimulationsgestützten Lokalisation des N. ischiadicus werden ca. 30–40 ml Lokalanästhetikum injiziert.

Inzwischen wurde auch wiederholt eine kontinuierlich anteriore Ischiadikusblockade (KAI) propagiert. Bei Verwendung einer Spezialkanüle (z. B. PlexoLong NanoLine nach Meier mit Sprötze-Spezial-Kanüle; ► Abb. 16.13 und ► Abb. 16.14) und leicht nach

kranial gerichteter Punktionsrichtung (Punktionstechnik nach Meier (S. 462)) gelingt es meist, einen Katheter ca. 4–5 cm über die Kanülenspitze vorzuschieben. Für Nachinjektionen bieten sich Boli à 20–30 ml Ropivacain 0,2–0,375 % oder Bupivacain 0,25 % alle 6–8 Stunden bzw. eine kontinuierliche Gabe von z. B. 5–15 ml/h Ropivacain 0,2 % (maximal 37,5 mg/h) an. Für den KAI wurde eine Dislokationsrate von 1,4 % und eine Inzidenz leichter, mittelschwerer bzw. schwerer Infektionen (Kriterien vgl. Kap. 16.3.3) von 1,7, 0,6 bzw. 0,3 % ermittelt [652].

Die Standardtechnik der **hinteren, transglutealen (klassischen) Ischiadikusblockade (in Seitenlage) unter Nervenstimulation** ist nach G. Labat (einem bekannten Regionalanästhesisten aus Frankreich) benannt. Der Patient wird auf die nicht zu blockierende Seite gelagert. Das unten liegende Bein bleibt gestreckt, das zu blockierende, oben liegende Bein wird im Kniegelenk ca. 90° angewinkelt und die Hüfte wird leicht (30–40°) gebeugt, sodass der Verlauf des Femurs, die Spina iliaca posterior superior und der Trochanter major auf einer Linie liegen. Auf der gedachten Verbindungslinie zwischen Trochanter major des Femurs (A in ► Abb. 16.49) und der Spina iliaca posterior superior (B in ► Abb. 16.49) wird genau in der Mitte nach kaudal das Mittellot gefällt. Der Punktionsort befindet sich ca. 4(–5) cm kaudal auf diesem Lot (► Abb. 16.49). Zum Teil wird empfohlen, zusätzlich vom Trochanter major bis zum Hiatus sacralis eine Linie zu ziehen. Am Schnittpunkt dieser Linie mit dem Mittellot der Strecke zwischen Trochanter major und Spina iliaca posterior superior befindet sich die Punktionsstelle. Es wird – nach vorheriger Betäubung – senkrecht zur Hautoberfläche (mit einer 10–15 cm langen Stimulationskanüle) punktiert. Nach wenigen Zentimetern Einführtiefe werden zuerst meist – durch Stimulation von Ästen der Nn. glutei – Kontraktionen der Glutealmuskulatur ausgelöst. In ca. 7–10 cm Tiefe lässt sich normalerweise der N. ischiadicus auffinden. Beweisend sind motorische Reizantworten im Fußbereich (S. 462). Nach erfolgreicher Elektrostimulation erfolgt die Injektion des Lokalanästhetikums (ca. 30–40 ml Prilocain 1 % oder Mepivacain 1 %). Falls der N. ischiadicus verfehlt wird, kommt es meist ca. 1 cm tiefer zum Knochenkontakt. Tiefer als der ermittelte Haut-Knochen-Abstand sollte nie punktiert werden, sonst könnte u. U. durch das Foramen ischiadicum ins kleine Becken vorpunktiert werden, insbesondere falls zu weit nach kranial punktiert wird. Gegebenenfalls wird auf der Mittellot-Linie mehrfach fächerförmig vorpunktiert und der Nerv aufgesucht. Es ist auch die Einlage eines Katheters möglich. Hierbei darf jedoch nicht – wie bei obiger Technik – relativ senkrecht auf den Nerv zugestochen werden. Es wird hierzu als weitere Hilfslinie die Verbindung zwischen Tuber ischiadicum (C in ► Abb. 16.49) und Trochanter major eingezeichnet und schräg zur Hautoberfläche (ca. 45°) in Richtung auf das mittlere Drittel dieser Linie zu punktiert. Bei dieser Technik trifft die Kanüle (in ca. 8–12 cm) schräg auf den N. ischiadicus und der Katheter kann relativ gut vorgeschoben werden. Bei der modifizierten transglutealen Ischiadikusblockade *nach Meier* wird (bei gleicher Lagerung) am Mittelpunkt (2) der Verbindungslinie zwischen Spina iliaca posterior superior (B in ► Abb. 16.49) und Tuber ischiadicum (C in ► Abb. 16.49) eingestochen und ebenfalls schräg (ca. 45° zur Hautoberfläche) in Richtung Verlauf des Nerven, d. h., auf das mittlere Drittel der Verbindungslinie zwischen Tuber ischiadicum und Trochanter major gezielt. Nach Auslösung typischer motorischer Reizantworten (S. 462) (im Fußbereich) werden bei den landmar-

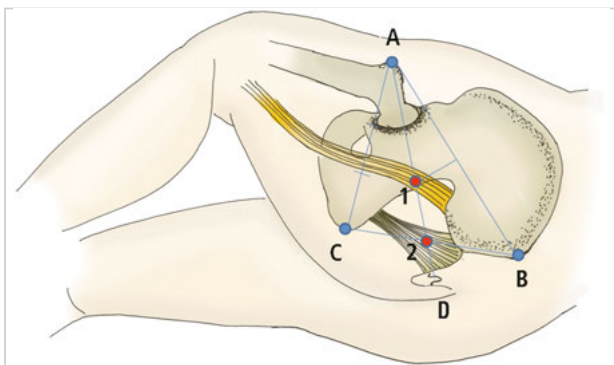


Abb. 16.49 Hintere Ischiadikusblockade. Auf einer gedachten Verbindungslinie zwischen Trochanter major des Femurs (A) und der Spina iliaca posterior superior (B) wird nach kaudal das Mittellot gefällt. Der Punktionsort befindet sich ca. 4(–5) cm kaudal auf diesem Lot (1) bzw. am Schnittpunkt dieses Lotes mit einer Linie zwischen Trochanter major (A) und Hiatus sacralis (D). Es wird senkrecht zur Hautoberfläche punktiert. Zur Einlage eines Katheters kann vom gleichen Punkt aus oder alternativ vom Mittelpunkt (2) der Linie Spina iliaca posterior superior (B) und Tuber ischiadicum (C) jeweils ca. 45° zur Hautoberfläche nach distal in Richtung mittleres Drittel der Linie zwischen Trochanter major (A) und Tuber ischiadicum (C) punktiert werden.

kenorientierten und elektrostimulationsgestützten Blockaden 20–30 ml Lokalanästhetikum injiziert. Da bei diesen Blockadeformen der N. cutaneus femoris posterior mitblockiert ist, wird eine Oberschenkelmanschette für die Blutsperre meist gut toleriert. Bei dieser modifizierten Methode besteht keine Gefahr, dass es zu einer Punktion ins kleine Becken kommt. Vor allem bei etwas zu medialer Punktion kann es auch zur Punktion größerer (glutealer) Gefäße kommen.

Nachteilig ist die relativ lange Punktionsdistanz zwischen Haut und Nerv. Die Methoden sind technisch schwierig und erfordern Geduld. Bei der sehr proximalen Ischiadikusblockade nach Labat kann evtl. der gesamte Plexus sacralis, d. h., auch der N. pudendus (S. 458), blockiert werden. Dadurch können evtl. auch Blaseninnervationsstörungen mit Harnretention auftreten.

Wird über eine Spezialkanüle ein Katheter (1–3 cm über die Kanülenspitze) eingeführt, dann können wiederholt Boli à 20–30 ml Ropivacain 0,2–0,375 % oder Bupivacain 0,25 % verabreicht werden bzw. es kann dann eine kontinuierliche Gabe von z. B. 5–15 ml/h Ropivacain 0,2 % (maximal 37,5 mg/h) erfolgen.

Bei der **dorsalen Blockade nach Raj (in Steinschnittlage) unter Nervenstimulation** werden bei dem auf dem Rücken liegenden Patienten Hüfte und Knie des zu blockierenden Beins jeweils ca. 90–110° in der Hüfte und ca. 90° im Knie gebeugt. Das Bein kann hierzu in einer Beinhaltung, wie sie bei vielen urologischen oder gynäkologischen Untersuchungen und Operationen benutzt wird, gelagert werden. Der Patient kann aber auch in Bauchlage oder gut in seitlicher Lagerung mit angewinkeltem Oberschenkel und Knie gelagert werden. Nun werden der Trochanter major und das Tuber ischiadicum (Sitzbein) markiert und mittels einer Linie verbunden. Der Punktionsort befindet sich auf der Mitte dieser Verbindungslinie (► Abb. 16.50). Der N. ischiadicus verläuft im mittleren Drittel dieser Linie.

Es wird mit einer ca. 10 cm langen Kanüle senkrecht zur Hautoberfläche nach proximal (unter elektrischer Nervenstimulation) punktiert. Normalerweise wird der N. ischiadicus bereits in einer

Tiefe von 5–8 cm (maximal 10 cm) erreicht. Als Lokalanästhetikum empfehlen sich bei dieser landmarkenorientierten Blockade ca. 30 ml Prilocain 1 % oder Mepivacain 1 %. Gegebenenfalls kann auch ein Katheter (1–3 cm) über die Kanülenspitze eingeführt werden. Diese Punktionsstechnik ist relativ einfach und stellt eine gute Alternative zur vorderen Ischiadikusblockade dar.

Blockade unter Ultraschallkontrolle

Sämtliche oben beschriebenen Punktionsstechniken des N. ischiadicus unter Nervenstimulation können auch unter (zusätzlicher) Ultraschallkontrolle durchgeführt werden. Die Ultraschalldarstellung des N. ischiadicus ist allerdings oft schwierig und leichte Änderungen des Anlotwinkels können schon dazu führen, dass der Nerv nicht mehr erkennbar ist. Aufgrund der Größe des Nervs sollte nicht nur ein Depot an Lokalanästhetikum, sondern es sollten mindestens zwei beidseitige Depots platziert werden, um eine gute Umspülung des Nervs zu erreichen. Bei der *vorderen Blockade* wird im oberen Drittel des Femurs (ca. 10–15 cm kaudal des Leistanbandes) punktiert. Zumeist kann die Menge an notwendigem Lokalanästhetikum im Vergleich zur elektrostimulationsgestützten Blockade um bis 50 % reduziert werden. In ► Abb. 16.51a ist der Zugang von anterior (S. 462) (vorderer Zugang) dargestellt. Es muss aufgrund der tiefen Lage des N. ischiadicus mit einem Konvexschallkopf (S. 365) (oder Sektorschallkopf (S. 365)) mit niedriger Schallfrequenz (z. B. 5–7,5 MHz) geschallt werden (► Abb. 16.51a). Der Ultraschallkopf wird anterior (ventral) auf den Oberschenkel aufgesetzt und dann nach medial Richtung Oberschenkelinnenseite geführt, sodass der Femur, die Femoralgefäße und der N. ischiadicus gleichzeitig erkennbar sind. Femur, Femoralgefäße und N. ischiadicus entsprechen den Ecken eines Dreieckes. Punktiert wird in In-Line-Technik von lateral des Schallkopfes, also von ca. mittig anterior nach dorsal (► Abb. 16.51a) knapp am Femur vorbei (zwischen Femur und A., V. femoralis; ► Abb. 16.51b). Die Femoralgefäße und der N. femoralis sowie der N. ischiadicus lassen sich meist nur mäßig gut darstellen. Mit einer 10–15 cm langen Kanüle wird knapp lateral des N. femoralis in Richtung N. ischiadicus (unter zusätzlicher Nervenstimulation) in In-Line-Technik (!) (► Abb. 16.51b) (z. T. auch in Out-of-Plane-Technik (S. 366)) punktiert.

Bei der **dorsalen, infraglutealen Punktion** (z. B. in Seitenlage (S. 463)) wird der Konvexschallkopf in der Mitte der Verbindungslinie zwischen Trochanter major und Tuber ischiadicum aufgesetzt. Der Nerv ist in einer Tiefe von ca. 5–8 cm meist gut darstellbar (► Abb. 16.50b) und in In-Line-Technik (von ca. 3–4 cm lateral der Sonde nach medial) gut zu blockieren (mit ca. 20 ml Lokalanästhetikum).

Bei der **lateralen, mittfemorale Ischiadikusblockade** wird (v. a. in Seitenlagerung, evtl. in Rückenlagerung) von dorsal der Schallkopf in der Mitte des Oberschenkels aufgesetzt (bzw. initial wie bei der infraglutealen Punktion aufgesetzt [s. o.] und dann der Nerv bis nach mittfemorale verfolgt) und es wird von lateral in In-Line-Technik punktiert/blockiert (ca. 15 ml Lokalanästhetikum).

Sonstiges

Die Blockade des N. ischiadicus ist relativ schwierig. Manchmal wird die Anlage dieser Blockade als schmerzhaft empfunden. Neurologische Störungen nach Anlage eines Ischiadikusblocks sind jedoch mit 0,09 % seltener als nach anderen peripheren Blockaden [647]. Der Ischiadikusblock (Blockade des Plexus sacralis) kann in Kombination mit einer Blockade des N. femoralis oder

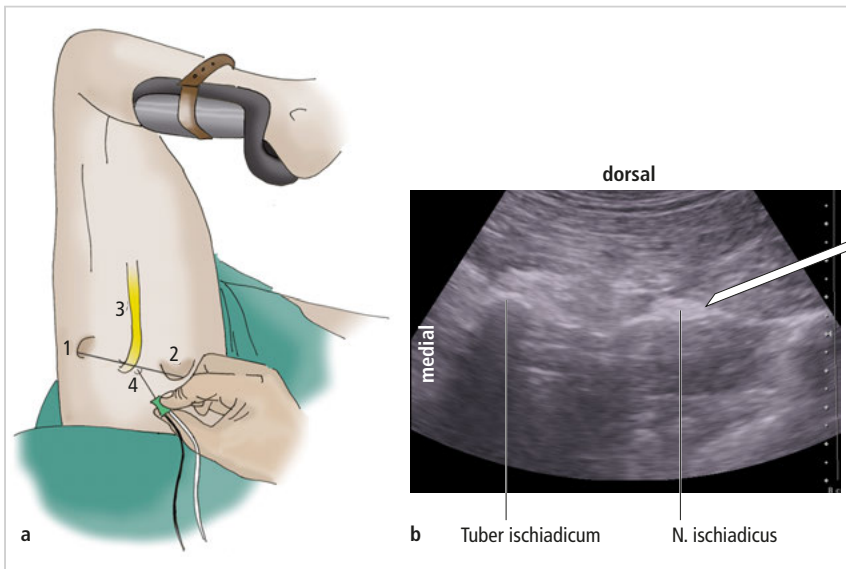


Abb. 16.50 Blockade bis N. ischiadicus (Methode nach Raj).

- a Landmarkenorientierte und elektrostimulationsgestützte Punktion: 1 = Trochanter major, 2 = Tuber ischiadicum, 3 = N. ischiadicus, 4 = Punktionsort (Mitte der Verbindungslinie zwischen Trochanter major und Tuber ischiadicum).
- b Darstellung des N. ischiadicus mittels Ultraschall zwischen Trochanter major und Tuber ischiadicum.



Abb. 16.51 Blockade des N. ischiadicus unter Ultraschallkontrolle.

- a Der N. femoralis wird mit einem niederfrequenten konvexen Schallkopf dargestellt. Lateral des N. femoralis wird in In-Line-Technik auf den N. ischiadicus zu punktiert.
- b Darstellung von N. ischiadicus (1), V., A., N. femoralis (2) und Femurkopf (3) bei einem kachektischen Patienten (daher relativ geringe Tiefe des N. ischiadicus).

dessen sensiblem Endast, dem N. saphenus, für Operationen peripher des Knies eingesetzt werden. Bei der Kombination eines Ischiadikusblocks mit einer Blockade der wichtigsten Nerven des Plexus lumbalis werden auch Operationen am distalen Oberschenkel und Knie toleriert. Es wird dann auch eine Manschette für die Blutsperrung oder -leere am Oberschenkel toleriert. Limitierend ist allerdings die Tatsache, dass eine evtl. angelegte Blutsperrung am Oberschenkel nach ca. 75–90 Minuten zu unangenehmen Tourniquet-Schmerzen führt. Die Erfolgsquoten des Kombinationsblocks werden mit ca. 90–95% angegeben [586]. Bei diesen Kombinationsblöcken werden relativ hohe Dosen an Lokalanästhetikum benötigt. Es konnte aber gezeigt werden, dass selbst bei Verwendung von 650 mg Prilocain 1% keine relevante Toxizität oder Methämoglobinämie zu erwarten ist [710]. Anstatt

dieser Kombinationsblöcke ist es allerdings meist sinnvoller, eine Spinal- oder Periduralanästhesie durchzuführen. Bei den rückenmarksnahen Regionalanästhesieverfahren kommt es allerdings zu einer Sympathikolyse, was manchmal (z. B. bei Patienten mit einer Aortenstenose) vermieden werden muss.

Dorsale distale (tiefe) Ischiadikusblockade

Der N. ischiadicus teilt sich im Bereich der kranialen Kniekraute (oder etwas weiter proximal davon) in den N. tibialis und den N. fibularis (peroneus) communis (► Abb. 16.52a). In der Kniekehle gibt der N. tibialis nach lateral den N. cutaneus surae medialis ab, der später auch Fasern aus dem N. fibularis communis erhält und als N. suralis lateralen Fußrand, Außenknöchel und Ferse ver-

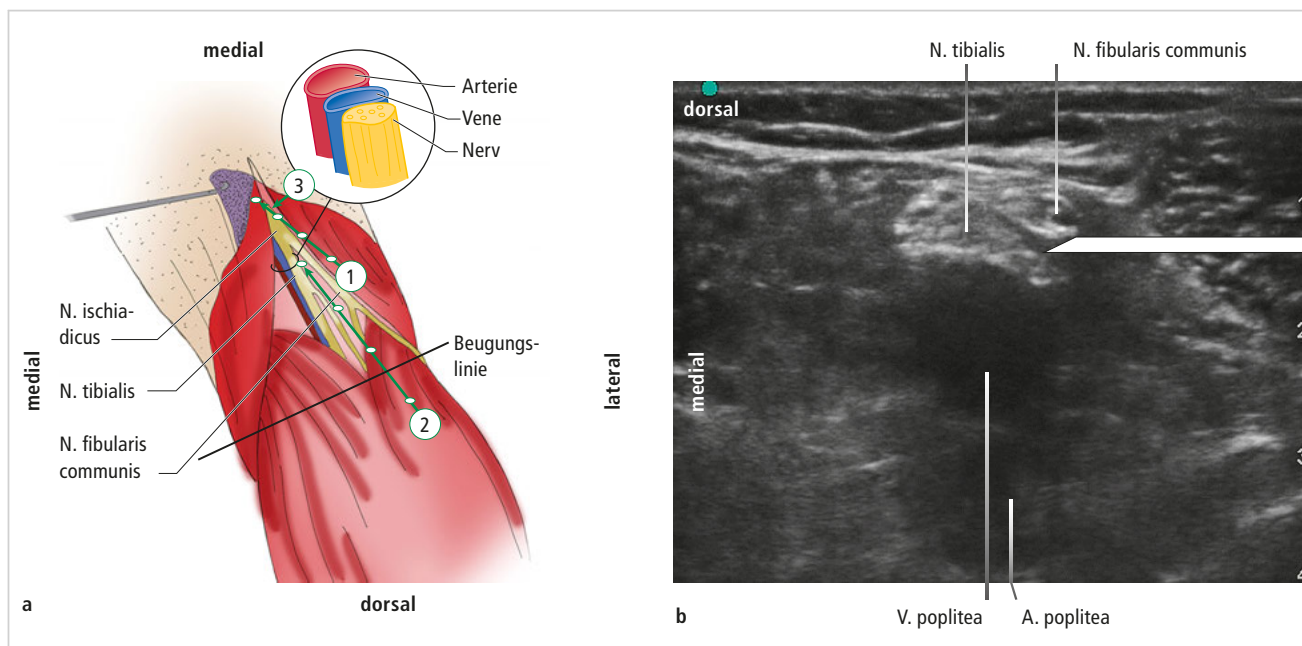


Abb. 16.52 Dorsale distale Ischiadikusblockade.

- a** Schematische dorsale distale Ischiadikusblockade: 1 = Blockade des N. ischiadicus kurz vor bzw. in Höhe der Aufteilung in N. tibialis und N. fibularis communis im Bereich der kranialen Kniekehle (des rechten Beins) in Out-of-Plane-Punktion mit Walk-Down-Technik. 2 = Blockade 0,5–2 cm distal der Nervenauzweigung (in Out-of-Plane-Punktion mit Walk-Down-Technik), wobei genau zwischen die 2 Nerven punktiert/injiziert wird. 3 = Blockade von lateral in In-Line-Technik.
- b** Quere Darstellung des distalen N. ischiadicus kurz vor der Aufteilung in den N. tibialis und den N. fibularis communis. Pfeil = Blockade von lateral in In-Line-Technik.

sorgt. Zum Innervationsgebiet der Nn. tibialis und fibularis (S.458) communis vgl. Kap. 16.3.16.

Zur Punktion wird der Patient auf die nicht zu blockierende Seite gelagert. Das zu blockierende Bein wird gestreckt, das nicht zu blockierende (untere) Bein wird im Knie gebeugt. Alternativ wird der Patient auf den Bauch gelagert. Die rautenförmige Kniekehle wird kranial auf der lateralen Seite vom Ansatz des M. biceps femoris, auf der medialen Seite vom Ansatz des M. semimembranosus und kaudal von den beiden Ansätzen des M. gastrocnemius begrenzt. An der Punktionsstelle befindet sich der Nerv dorsal und meist etwas lateral der V. poplitea. Die Vene liegt ihrerseits etwas lateral und dorsal der tastbaren Arterie (► Abb. 16.52).

Inzwischen wird die dorsale distale Ischiadikusblockade zu meist unter **Ultraschallkontrolle** und zusätzlicher Nervenstimulation durchgeführt. Der Patient liegt in Seitenlage, kann aber auch in Bauchlage liegen. Das entsprechende Knie sollte leicht gebeugt sein. In Bauchlage sollte deshalb ein Kissen unter den Unterschenkel gelegt werden. In der Kniekehle werden der N. tibialis und die V. poplitea sowie die A. poplitea quer dargestellt und der N. tibialis so weit nach kranial verfolgt, bis sich der N. fibularis communis von lateral dazugesellt und beide sich zum N. ischiadicus zusammenschließen (► Abb. 16.52b). Dort wird der N. ischiadicus (mit ca. 20 ml Lokalanästhetikum) vorzugsweise in In-Line-Technik von lateral blockiert. Hierzu wird meist von lateral (ca. 1,5–2 cm ventral der aufgesetzten Ultraschallsonde) unter In-Line-Technik und zusätzlicher Nervenstimulation nach medial punktiert. Hierbei wird ungefähr parallel zur Schallkopfebene punktiert. Bei dieser Punktionstechnik kann – bei Verwendung einer Kanüle mit Tuohy- oder Sprotte-Spitze (► Abb. 16.13 und

► Abb. 16.14) auch ein Katheter (vorzugsweise Pigtail-Katheter; ► Abb. 16.13 und ► Abb. 16.14) eingeführt werden. Bei dieser Punktionstechnik kann der Patient ggf. auch gut in Steinschnittlagerung (► Abb. 16.50a; ► Abb. 63.2) gelagert sein.

An gleicher Stelle kann der N. ischiadicus auch in Out-of-Plane-Technik unter Kanülenspitzenavigation (S.366) (Kap. 15.2.3) und unter zusätzlicher Nervenstimulation mit Stichrichtung nach kranial punktiert werden. Bei diesem Vorgehen kann relativ leicht ein gerader Katheter durch eine Kanüle mit Quincke- oder Facetenschliff (► Abb. 16.13 und ► Abb. 16.14) neben dem Nerv vorgeschoben werden. Bei einer Out-of-Plane-Punktion kann auch ca. 0,5–2 cm distal der Nervenbifurkation unter Kanülenspitzenavigation (S.366) (Kap. 15.2.3) mit gutem Erfolg zwischen die beiden sich trennenden Nerven punktiert/injiziert werden [598].

Bei Blockade des N. ischiadicus (in der Rautengrube) in Kombination mit einem Saphenusblock im Bereich des Knies (s. u.) ist der gesamte Unterschenkel anästhesiert. Es ist hierbei auch die Anlage einer Manschette für die Blutsperrung oder Blutleere am Unterschenkel möglich.

Für die kontinuierliche Gabe über einen platzierten Katheter werden ca. 5–15 ml/h Ropivacain 0,2% (maximal 37,5 mg/h) empfohlen. Mit Ropivacain 0,2% oder Levobupivacain 0,125 bzw. 0,25% kann hierbei eine vergleichbar gute Analgesie erreicht werden [577]. Für wiederholte Bolusinjektionen werden z. B. 20 ml Ropivacain 0,2–0,375% empfohlen.

Blockade des N. saphenus im Kniebereich

Der N. saphenus stellt den sensiblen Endast des N. femoralis dar. Auf Höhe des medialen Kniegelenks tritt er aus der Tiefe kom-

mend durch den Ansatz des M. sartorius und durch die Fascia lata und zieht dann als oberflächlicher Hautnerv zusammen mit der V. saphena magna in Richtung Innenknöchel. Der N. saphenus versorgt sensibel die Unterschenkelinnenseite bis zur Großzehe. Zusammen mit der V. saphena magna verläuft der Hauptast des N. saphenus am Unterschenkel subkutan vor dem Innenknöchel. Durch Blockade des N. saphenus in Kombination mit einer tiefen Ischiadikusblockade (s. o.) kann das Bein unterhalb des Knies blockiert werden.

Zur Blockade des N. saphenus wird etwas unterhalb des Knies an der Tibia von der Tuberositas tibiae bis zum beginnenden Muskelbauch des M. gastrocnemius ein subkutaner Ringwall mit 5–10 ml Lokalanästhetikum angelegt (► Abb. 16.53). Im Infiltrationsbereich verläuft die meist gut erkennbare V. saphena magna. Eine intravenöse Injektion ist durch wiederholte Aspiration auszuschließen. Wird mit der Kanüle das Periost punktiert, dann wird dies meist als deutlich schmerzhaft empfunden. Bei Durchführung einer zusätzlichen dorsalen distalen (= tiefen) Ischiadikusblockade (S. 465) sind damit Operationen im Fuß- und Sprunggelenksbereich möglich.

Inzwischen wird für die Blockade des N. saphenus meist eine ultraschallkontrollierte Blockade durchgeführt. Der Ultraschallkopf wird hierzu von ventral auf den mittleren Oberschenkel aufgesetzt und langsam nach medial verschoben. Ventral des Femurs ist der M. vastus medialis darstellbar. Bei weiterem Verschieben nach medial kommt als nächster Muskel der M. sartorius

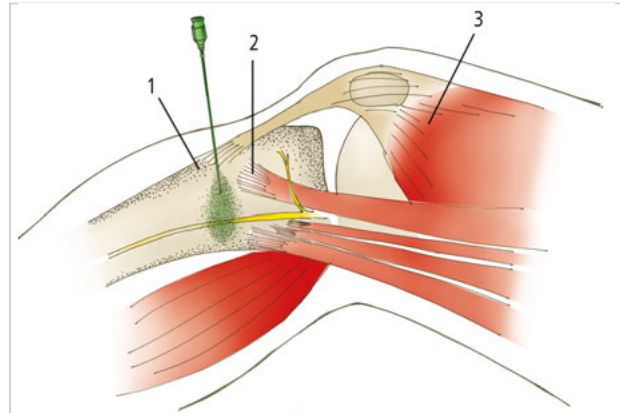


Abb. 16.53 Blockade des N. saphenus am Knie. 1 = Tuberositas tibiae, 2 = Ansatz des M. sartorius, 3 = M. vastus medialis (M. quadriceps).

zur Darstellung. Es wird die A. femoralis (die vom N. saphenus begleitet wird) aufgesucht. A. femoralis und (der oft nicht im Ultraschallbild erkennbare) N. saphenus verlaufen zwischen den beiden Muskeln bzw. unter dem M. sartorius. Es wird nun in In-Line-Technik durch den M. vastus medialis auf den lateralen Rand der A. femoralis zugestochen und dort werden neben/unter dem M. sartorius ca. 10 ml Lokalanästhetikum injiziert.

Fußblock

Etwa 3–4 Querfinger oberhalb des oberen Sprunggelenks können der N. saphenus (sensibler Endast des N. femoralis) sowie die Nn. fibularis (peroneus) profundus, fibularis superficialis, suralis und tibialis (die aus dem N. ischiadicus stammen) blockiert werden. Es wird dann von einem Fußblock gesprochen (► Abb. 16.54).

Bei den Nn. saphenus, fibularis superficialis und suralis im Fußbereich handelt es sich um rein sensible Nervenendäste, sodass mittels Nervenstimulator keine motorischen Reizantworten ausgelöst werden können. Lediglich beim N. tibialis wird manchmal ein Nervenstimulator verwendet. Blockaden im Fußbereich sind relativ einfach durchzuführen, die Erfolgsquote ist hoch. Adrenalinhaltige Lokalanästhetika sind zu vermeiden. Da für einen Fußblock insgesamt ein relativ hohes Volumen an Lokalanästhetika benötigt wird, bietet sich – aufgrund der großen therapeutischen Breite – v. a. Prilocain (1 %) an. Bis ein Fußblock komplett wirkt, vergehen 20–30 Minuten.

Die Indikation für einen Fußblock kann bei allen Eingriffen distal des oberen Sprunggelenks gestellt werden, z. B. bei einer Hallux-valgus-Operation, Zehenamputation oder Metallentfernung am Fuß, wenn keine Blutsperre angelegt werden muss. Die Versagerate wird beim Fußblock zumeist mit 5 % oder weniger angegeben. Blockaden im Fußbereich werden öfter auch bei einer inkompletten Blockade proximaler Nervenstämmen oder Nervenbündel angewandt. Für die Durchführung eines Fußblocks kann der Patient mit ausgestreckten Beinen auf dem Rücken gelagert werden. Je nachdem, welcher Nerv punktiert werden soll, muss der Patient das Bein nach außen oder nach innen rotieren. Alternativ hat es sich bewährt, bei dem auf dem

Rücken liegenden Patienten den proximalen Unterschenkel (bei Beugung in Hüfte und Knie) auf entsprechenden Lagerungskissen so abzulegen, dass der distale Unterschenkel und der Fuß frei zugänglich sind (► Abb. 16.54).

Blockade des N. fibularis (peroneus) superficialis

Der N. fibularis superficialis versorgt den Fußrücken sensibel (mit Ausnahme des vom N. fibularis profundus versorgten Bereichs zwischen der 1. und 2. Zehe). Er verläuft vor dem Außenknöchel. Er kann dadurch blockiert werden, dass ca. 3–4 Querfinger kranial des Außenknöchels von der Schienbeinvorderkante nach lateral ein subkutaner Ringwall mit 5–10 ml Lokalanästhetikum angelegt wird (► Abb. 16.54a). Wird dieser Ringwall mit weiteren ca. 5 ml Lokalanästhetikum bis nach dorsal zur Achillessehne weitergeführt, kann zusätzlich noch der N. suralis (s. u.) mitblockiert werden.

Blockade des N. suralis

Der N. suralis besteht aus Fasern des aus dem N. tibialis stammenden N. cutaneus surae medialis und zusätzlich aus Fasern des N. fibularis communis. Der N. suralis versorgt sensibel den Außenknöchel und den lateralen Fußrand bis zur Kleinzehe.

Der N. suralis verläuft relativ oberflächlich und zieht dorsal um den Außenknöchel. Er kann durch ein einzelnes Lokalanästhetikum-Depot hinter dem Außenknöchel isoliert blockiert werden. Der N. suralis wird aber meist dadurch blockiert werden, dass ca. 3–4 Querfinger kranial des Außenknöchels ein subkutaner Ringwall bis nach dorsal zur Achillessehne durchgeführt wird. Meist wird in dieser Höhe der subkutane Ring-

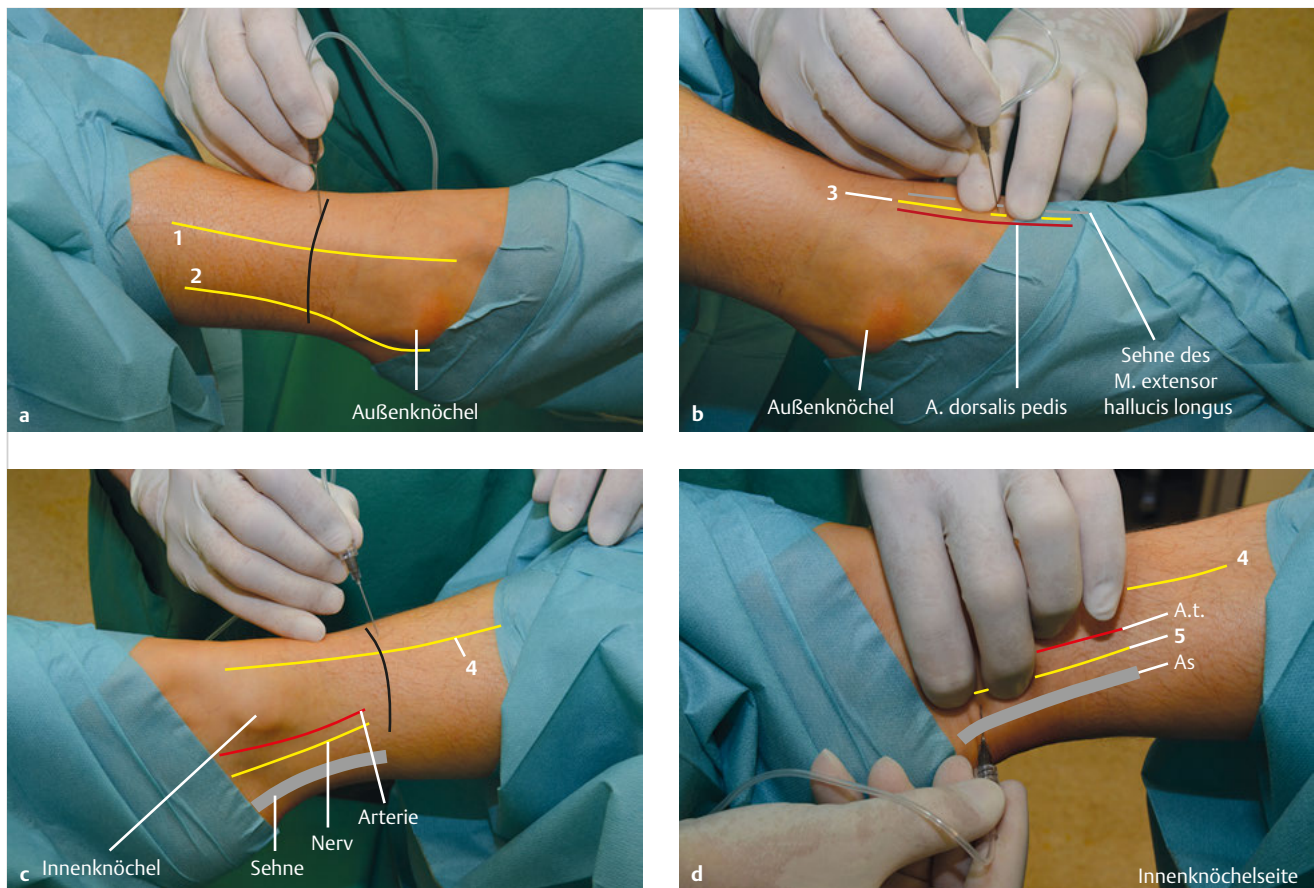


Abb. 16.54 Fußblock.

- a Blockade des N. fibularis superficialis (1) und des N. suralis (2) ca. 3–4 Querfinger oberhalb des Außenknöchels durch subkutane Infiltration von der Tibiavorderkante nach lateral bis zur Achillessehne.
- b Blockade des N. fibularis profundus (3) zwischen der tastbaren A. dorsalis pedis und der medial davon gelegenen Sehne des M. extensor hallucis longus etwas unterhalb der Knöchel.
- c Blockade des N. saphenus (4) ca. 3–4 Querfinger oberhalb des Innenknöchels durch subkutane Infiltration von der Tibiavorderkante bis zu ca. 2 cm ventral der Achillessehne.
- d Blockade des N. tibialis (5) hinter dem Innenknöchel zwischen A. tibialis (A.t.) und Achillessehne (As); 4= vgl. ► Abb. 16.54c.

wall von der Schienbeinvorderkante bis zur Achillessehne durchgeführt. Hierdurch können sowohl der N. fibularis superficialis (s.o.) als auch der N. suralis blockiert werden (► Abb. 16.54a).

Blockade des N. fibularis (peroneus) profundus

Der N. fibularis profundus innerviert sensibel den Bereich zwischen der ersten und zweiten Zehe. Motorisch versorgt der Endast des N. fibularis profundus die kleinen Zehenstrecker. Knapp unterhalb einer durch den Innen- und Außenknöchel gezogenen Linie kann der N. fibularis profundus blockiert werden (► Abb. 16.54b). Hier verläuft er normalerweise zwischen der medial davon gelegenen Sehne des M. extensor hallucis longus (die bei Dorsalflexion des Fußes gut ertastet werden kann) und der lateral davon gelegenen A. dorsalis pedis. Wegen häufiger anatomischer Variationen empfiehlt sich ggf. eine Punktion beidseits der A. dorsalis pedis. Nach senkrechter Punktion bis auf den Knochen wird die Kanüle etwas zurückgezogen und es werden insgesamt ca. 6 ml Lokalanästhetikum injiziert.

Blockade des N. saphenus

Der N. saphenus versorgt die Haut der Unterschenkelinnenseite bis zum Innenknöchel, teilweise bis zur Großzehe. Er verläuft (zusammen mit der V. saphena magna) vor dem Innenknöchel zum Fuß. Der N. saphenus kann dadurch blockiert werden, dass ca. 3–4 Querfinger kranial des Innenknöchels von der Schienbeinvorderkante bis zu ca. 2 cm ventral der Achillessehne (mit ca. 10 ml Lokalanästhetikum) ein subkutaner Ringwall angelegt wird (► Abb. 16.54c).

Blockade des N. tibialis

Der N. tibialis zieht zusammen mit der A. tibialis posterior dorsal um den Innenknöchel. Motorisch innerviert er die Fußbeuger, sensibel den medialen und vorderen Bereich der Fußsohle.

Der Patient soll zur isolierten Blockade des N. tibialis das entsprechende Bein im Knie leicht anwinkeln und dessen distalen Unterschenkel auf den Unterschenkel des anderen Beins legen. Punktiert wird mit einer kurzen Kanüle lateral der meist gut tastbaren A. tibialis posterior und medial der Achillessehne am

Tab. 16.16 Kurzinformation Fußblock.

Kriterium	Details
Charakteristika	technisch relativ einfache Blockade der Nn. saphenus, fibularis superficialis, fibularis profundus, suralis, tibialis
Einsatz	Eingriffe distal des oberen Sprunggelenks, z. B. bei einer Hallux-valgus-Operation, Zehenamputation oder Metallentfernung am Fuß
Kontraindikationen	<ul style="list-style-type: none"> • allgemeine Kontraindikationen für Regionalanästhesieverfahren (► Tab. 16.1) • Eingriffe, bei denen eine Blutsperre notwendig ist
Medikamente	<ul style="list-style-type: none"> • ca. 10 ml für den N. saphenus • ca. 5–10 ml Lokalanästhetikum für den N. fibularis superficialis • ca. 5 ml für den N. suralis • ca. 6 ml für den N. fibularis profundus • ca. 10–12 ml Lokalanästhetikum für den N. tibialis
Empfehlung	kurzer Verlängerungsschlauch zwischen Stahlkanüle und Spritze

Oberrand des Innenknöchels (► Abb. 16.54d). Ist die A. tibialis nicht tastbar, wird direkt medial der Achillessehne punktiert. Es ist nach ventral und leicht nach lateral (in Richtung Kleinzeh) zu punktieren. Manchmal wird für diese Blockade ein Nervenstimulator verwendet. Treten motorische Reizantworten auf (Plantarflexion der Zehen), werden ca. 5 ml Lokalanästhetikum injiziert. Treten keine motorischen Reizantworten auf bzw. wird (wie meist üblich) ohne Nervenstimulator punktiert, dann wird vorsichtig bis zum Knochenkontakt vorgestoßen, und nach Zurückziehen der Kanüle um ca. 1 cm werden 10–12 ml Lokalanästhetikum injiziert.

Wesentliche Informationen zum Fußblock sind in ► Tab. 16.16 zusammengefasst.

16.3.18 Sonstige Regionalanästhesieverfahren

Interkostalblockade

Unter den 12 Rippen verläuft (jeweils zusammen mit der Interkostalarterie und der Interkostalvene) der Interkostalnerv. Der N. intercostalis Th 1 gibt noch Fasern an den Plexus brachialis ab. Die Nn. intercostalis Th 2 und Th 3 geben noch Fasern ab, die den N. intercostobrachialis bilden (► Abb. 16.9). Dieser versorgt Hautareale im Bereich der Oberarminnenseite (► Abb. 16.6). Der N. intercostalis Th 12 gibt Fasern zum N. iliohypogastricus ab.

Jeder **Interkostalnerv** hat 4 Äste, den R. communicans albus, der nach ventral zu den sympathischen Ganglien zieht (► Abb. 16.28), den dorsalen Hautast, der paravertebral die Haut und z. T. auch die Muskulatur versorgt, den lateralen Hautast, der ungefähr in der mittleren Axillarlinie abgeht, und den ventralen Hautast, der die Endaufzweigung des Interkostalnervs darstellt (► Abb. 16.55).

Interkostalblockaden bieten sich v. a. im Rahmen schmerztherapeutischer Maßnahmen an (z. B. Therapie postoperativer Schmerzen, Interkostalneuralgie). Für die Anlage einer Interkostalblockade wird der Patient in schräger Seitenlage gelagert. Die zu blockierende Seite liegt oben, der Arm wird über den Kopf hochgelegt. Es kann aber auch in sitzender Position oder in Bauchlage punktiert werden. Punktiert wird zwischen dem Angulus costae und der hinteren Axillarlinie (ca. 7–8 cm lateral der Mittellinie). Hier sind die Rippen am leichtesten zu palpieren. Es soll aber nicht zu weit ventral punktiert werden, damit auch der R. cutaneus lateralis (► Abb. 16.55) blockiert wird. Zu-

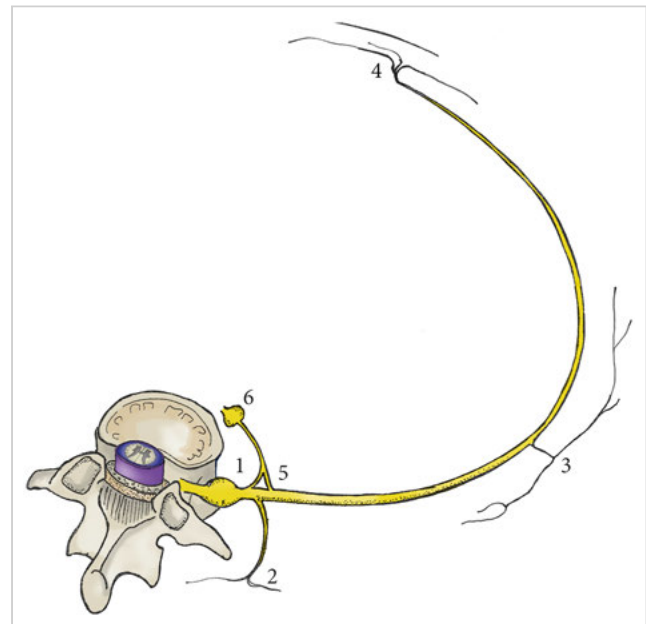


Abb. 16.55 Interkostalnerv. 1 = Spinalganglion, 2 = R. dorsalis des N. intercostalis, 3 = R. cutaneus lateralis des N. intercostalis, 4 = R. cutaneus anterior des N. intercostalis, 5 = Rr. communicantes, 6 = Ganglion des sympathischen Grenzstrangs.

meist wird eine ca. 22 Gauge große Stahlkanüle verwendet. Zwischen Zeigefinger und Mittelfinger der linken Hand wird die Kanüle geführt. Die beiden Finger liegen auf dem Ober- und Unterrand der Rippe. Es sollte mit ca. 20 Grad nach kranial auf die Rippe zu gestochen werden, bis es zum Knochenkontakt kommt (► Abb. 16.56). Nun werden Haut und Kanüle bei gleichbleibender Stichrichtung nach kaudal verschoben. Wenn die Kanüle über den kaudalen Rand der Rippe gleitet, wird sie noch 2–3 mm vorgeschoben. Es soll nicht versucht werden, Parästhesien auszulösen. Bewährt hat es sich, auf die Stahlkanüle einen kurzen Verlängerungsschlauch aufzusetzen. Die Kanüle kann dadurch gut fixiert werden, während eine Assistenzperson aspiriert und injiziert. Dadurch kann eine versehentliche Dislokation der Kanüle weitgehend vermieden werden. Eine Interkostalblockade kann mit gutem Erfolg auch ultraschallkontrolliert in In-Line-Technik und gleichzeitiger Nervenstimulation durchgeführt werden. Der Schallkopf wird kraniokaudal über den ICR ausgerichtet und es wird von kaudal kommend knapp

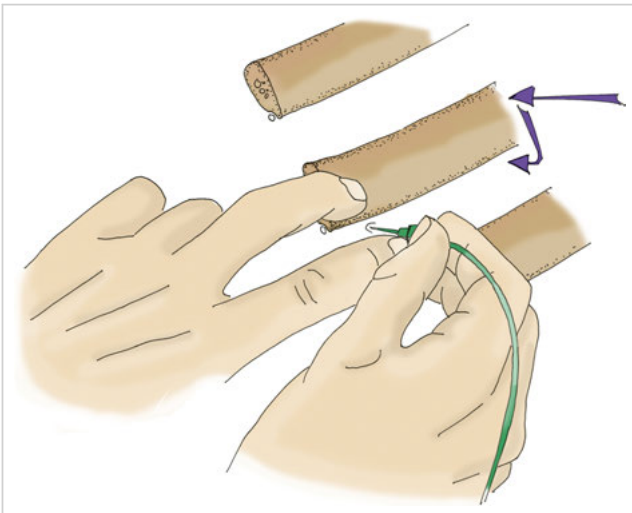


Abb. 16.56 Interkostalblockade. Zustechen auf die Rippe bis zum Knochenkontakt, anschließend Verschiebung von Haut und Kanüle (bei gleichbleibender Stichrichtung) nach kaudal und weiteres Vorschieben der Kanüle um 2–3 mm.

unter den Unterrand der darüberliegenden Rippe punktiert [657]. Nachdem durch Aspiration eine intravasale oder intrathorakale Lage der Kanüle ausgeschlossen wurde, werden z. B. 3–5 ml Bupivacain 0,25–0,5 % bzw. Ropivacain 0,2–0,75 % (evtl. mit Adrenalinzusatz) injiziert. Da sich die Innervationsgebiete der Interkostalnerven überlappen, müssen immer mindestens 3 Interkostalnerven blockiert werden.

Mögliche **Komplikationen** sind ein Pneumothorax und eine intravasale Injektion des Lokalanästhetikums. Bei Verletzung der Pleura husten die Patienten meist. Die Inzidenz eines Pneumothorax liegt bei knapp unter 0,1 %. Zumeist braucht ein dadurch bedingter (Mantel-)Pneumothorax nicht therapiert zu werden. Er wird resorbiert. Der Patient muss jedoch engmaschig überwacht werden und es ist Sauerstoff zu verabreichen.

Die Blockade hält bei Verwendung von Bupivacain oder Ropivacain im Mittel 4–5–8 Stunden an.

Die Tatsache, dass die Interkostalnerven in unmittelbarer Nachbarschaft zu den Interkostalvenen und Interkostalarterien verlaufen, erklärt, dass bei dieser Blockadeform eine schnelle Resorption und relativ hohe Plasmakonzentrationen zu erwarten sind (Kap. 14.4.2; ► Abb. 14.6). Die Patienten sind während der ersten 30 Minuten nach der Blockade engmaschig zu überwachen.

Wesentliche Informationen zur Interkostalblockade sind in ► Tab. 16.17 zusammengefasst.

Tab. 16.17 Kurzinformation Interkostalblockade.

Kriterium	Details
Charakteristika	Anästhesie eines Interkostalnervs erfordert Blockade auch der beiden Nachbarnerven
Einsatz	Schmerztherapie
Kontraindikationen	allgemeine Kontraindikationen für Regionalanästhesieverfahren (► Tab. 16.1)
Risiken	Pneumothorax, intravasale Injektion des Lokalanästhetikums, schnelle Resorption des Lokalanästhetikums
Medikamente	3–5 ml Bupivacain 0,25–0,5 % bzw. Ropivacain 0,2–0,75 % pro Nerv
Empfehlung	kurzer Verlängerungsschlauch zwischen Stahlkanüle und Spritze

Intravenöse Regionalanästhesie

Die intravenöse Regionalanästhesie (IVRA) wurde bereits 1908 von dem Kieler Chirurgen August Bier beschrieben („Bier’s block“). Das Verfahren fand in den ersten Jahrzehnten wenig Anwendung. Es wurde erst in den 1960er-Jahren populär.

Vorgehen

Nach Anlage einer peripheren Verweilkanüle an der zu operierenden Hand (bzw. dem Fuß) sowie Platzierung einer zweiten Kanüle an dem nicht zu operierenden Arm für die Infusionstherapie) wird am Oberarm (bzw. Ober- oder Unterschenkel) eine spezielle, zweikammerige Blutdruckmanschette um die mit Watteband abgepolsterte Extremität gelegt. Es ist auf die richtige Platzierung der Doppelmanschette zu achten. Die als proximal und distal bezeichneten Manschettchenkammern müssen korrekt liegen. Nun wird die Extremität von peripher nach zentral mit einer elastischen Gummibinde (Esmarch-Binde) ausgewickelt, um das Blut weitgehend aus dem Gefäßsystem auszupressen (► Abb. 16.57b – ► Abb. 16.57d). Kann die Extremität verletzungs- bzw. schmerzbedingt nicht ausgewickelt werden, ist sie für ca. 5 Minuten nach oben zu halten und vorsichtig auszustreichen, um so eine Blutarmut im Arm zu erzielen. Nun wird die proximal gelegene Manschette auf einen Wert von ca. 100–150 mmHg über dem systolischen arteriellen Blutdruck aufgepumpt. Anschließend wird die elastische Binde wieder entfernt und das blutleere Gefäßsystem über den venösen Zugang mit Lokalanästhetikum gefüllt.

Falls nach einiger Zeit ein Druckgefühl im Manschettbereich auftritt, kann nun die distale Manschette ebenfalls geblockt werden. Da diese sich im nun bereits anästhesierten Bereich befindet, wird sie besser toleriert. Von der proximalen Manschette kann jetzt der Druck abgelassen werden. Bei kurzen Eingriffen wird es von den Patienten auch toleriert, wenn beide Manschettchenkammern geblockt werden.

Die Operationszeit sollte ca. 90 Minuten möglichst nicht überschreiten. Am Ende der Operation empfiehlt sich stets ein intermittierendes Öffnen der Blutsperrung durch kurzfristiges Ablassen des Drucks und anschließend erneutes Blocken auf den suprasystolischen Ausgangswert (in ca. 10-Sekunden-Intervallen). Wird der Manschettendruck dagegen langsam zunehmend abgelassen, droht bei Druckabfall unter den systolischen Druck ein arterieller Bluteinstrom bei noch gedrosseltem venösen Ausfluss. Dadurch können Nachblutungen im Operationsgebiet begünstigt werden.

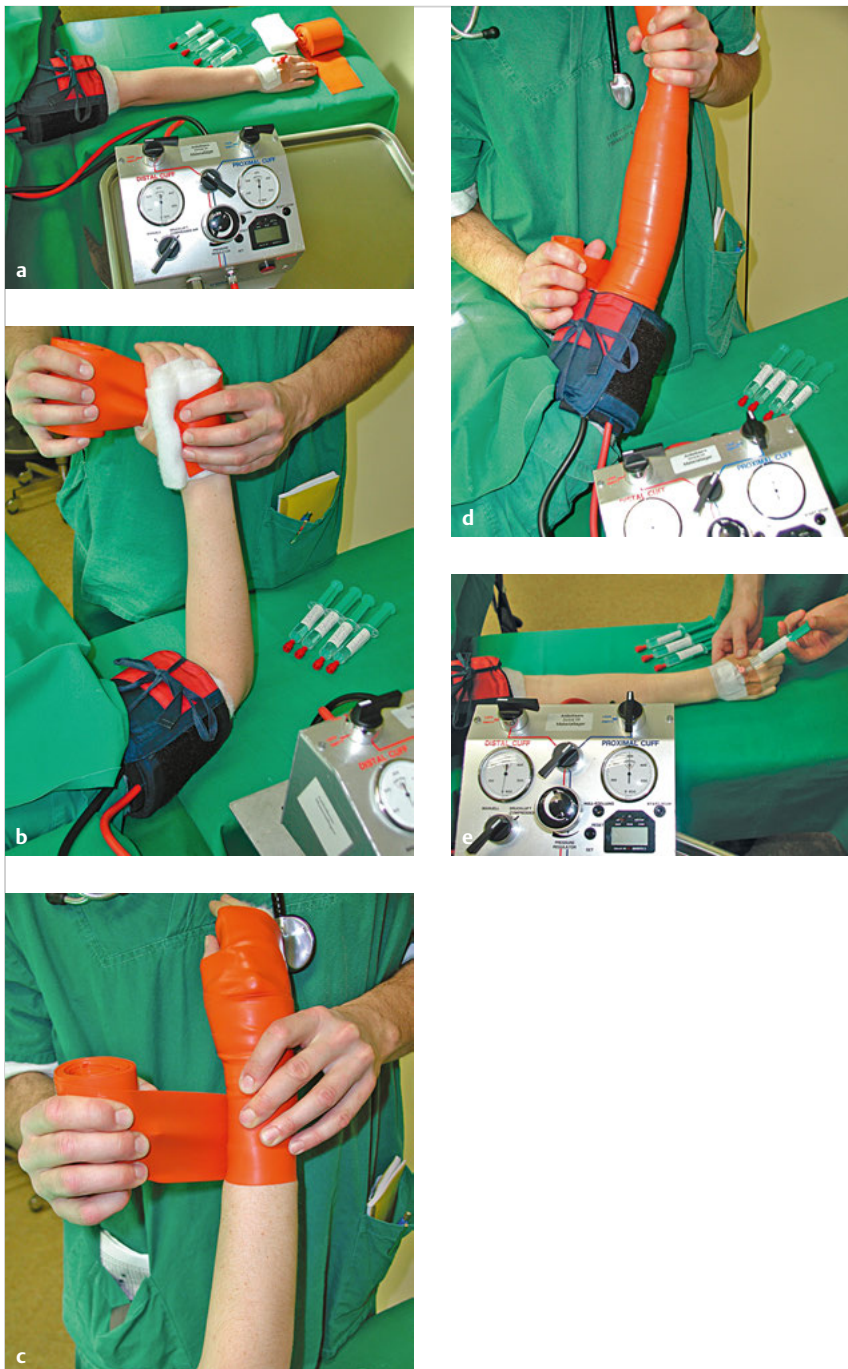


Abb. 16.57 Intravenöse Regionalanästhesie.

- a Anlage einer peripheren Verweilkanüle und einer speziellen Doppelkammermanschette sowie Verwendung eines speziellen Gerätes für die intravenöse Regionalanästhesie. Die Doppelmanschette sollte mit Watte unterpolstert werden.
- b Abdecken der peripheren Verweilkanüle.
- c Auswickeln der Extremität mit einer elastischen Esmarch-Binde.
- d Nach vollständigem Auswickeln Blocken der proximalen Manschettchenkammer ca. 100–150 mmHg über dem systolischen Blutdruck.
- e Entfernen der Esmarch-Binde von der blutleeren Extremität und Injektion des Lokalanästhetikums (0,5%iges Prilocain).

Wirkungsweise

Der primäre Wirkungsort des Lokalanästhetikums liegt im Bereich der Nervenendigungen. Das Lokalanästhetikum diffundiert aus dem Gefäßsystem ins umgebende Gewebe und blockiert die peripheren Nervenendigungen. Die Wirkung ist also einer Infiltrationsanästhesie ähnlich. Außerdem ist zu beachten, dass allein durch Kompression und Ischämie die Nervenleitgeschwindigkeit um bis zu 40% vermindert wird. Es ist also von einem multifaktoriellen Wirkungsmechanismus auszugehen. Lediglich ca. 25–30% des Lokalanästhetikums verbleiben im blutleeren Gefäßbett. Der Rest diffundiert ins Gewebe ab.

Mittels i. v. Regionalanästhesie kann eine erfolgssichere und schnell (innerhalb von 5–10 Minuten) einsetzende Anästhesie erzielt werden.

Nachteile und Risiken

Nachteile des Verfahrens sind, dass nach Öffnen der Blutleere und beginnender Rezirkulation Motorik und Sensibilität schnell (innerhalb von 5–10 Minuten) zurückkehren und damit sehr früh auch postoperative Schmerzen einsetzen. Eine Blutstillung und ein Wundverschluss erst nach Öffnen der Blutleere (was z. B. bei einer Dupuytren-Operation notwendig ist) sind bei diesem Verfahren daher nicht möglich. In i. v. Regionalanästhesie begonnene Operationen müssen also in Blutleere abgeschlossen werden.

Das entscheidende **Risiko** dieser Methode besteht darin, dass bei einem verfrühten Öffnen der Manschette das noch intravasal befindliche Lokalanästhetikum plötzlich in die systemische Zirkulation eingeschwemmt wird und möglicherweise toxische Nebenwirkungen hervorruft. Daher darf die Manschette frühestens nach 20–30 Minuten (intermittierend (S.470)) abgelassen werden, wenn bereits der Großteil des Lokalanästhetikums aus dem Gefäßsystem ins Gewebe abdiffundiert ist.

Bei Verwendung moderner Geräte mit Anschluss an die zentrale Druckluftversorgung wird die Gefahr eines ungewollten Druckverlustes in der Manschette mit Einschwemmung des Lokalanästhetikums weitgehend ausgeschlossen. Solche modernen Geräte pumpen (bei einer evtl. Undichtigkeit) automatisch Luft nach und halten so den eingestellten Manschettendruck konstant.

Bei ca. 25–30% der Patienten sind bei einer intravenösen Regionalanästhesie Schmerzen durch die Manschette, sog. **Tourniquet-Schmerzen**, zu erwarten. Sie treten bei zunehmender Dauer der Blutsperre häufiger auf und können einen Blutdruckanstieg verursachen. Auch bei einer kompletten Spinalanästhesie oder einer Allgemeinnarkose kann eine vom Operateur angelegte Blutsperre aufgrund solcher Tourniquet-Schmerzen zu einem Blutdruckanstieg führen. Die Ursache des Tourniquet-Schmerzes ist unklar. Es handelt sich jedoch vermutlich nicht um einen Ischämieschmerz. Möglicherweise ist das Druckempfinden nicht vollständig blockiert. Diese Tourniquet-Schmerzen limitieren häufiger die Anwendungsdauer der IVRA.

Bei Anwendung am Unterschenkel ist darauf zu achten, dass die Manschette mindestens 6 cm unterhalb des Fibulaköpfchens oder in der Mitte des Unterschenkels platziert wird, um eine Druckschädigung des N. fibularis zu verhindern. Die Manschette kann ggf. auch am Oberschenkel angebracht werden, was von den Patienten allerdings öfter als unangenehmer empfunden wird als eine Platzierung am Unterschenkel.

Medikamente

Um das blutleere Gefäßsystem ausreichend mit Lokalanästhetikum zu füllen, werden relativ große Volumina benötigt. Aufgrund seiner großen therapeutischen Breite stellt Prilocain das Lokalanästhetikum der Wahl dar. Mittel der zweiten Wahl sind Lidocain und Mepivacain. Bupivacain, Levobupivacain und Ropivacain können aufgrund ihrer relativ hohen Kardiotoxizität nicht empfohlen werden. Auch adrenalinhaltige Lokalanästhetika dürfen nicht verwendet werden (höhere Toxizität, falls sie eingeschwemmt werden; Kap. 14.3). Bei Verwendung größerer

Mengen an Prilocain können höhere Konzentrationen an Methämoglobin auftreten. Prilocain wird in einer Konzentration von 0,5% angewandt. Auch Mepivacain und Lidocain können in Dosen bis 3–4 mg/kgKG verabreicht werden. Die empfohlenen Konzentrationen liegen zwischen 0,5 und 1%.

Bei Anlegen einer Oberarmmanschette werden beim Erwachsenen meist ca. 0,5–0,6 ml/kgKG Prilocain 0,5% verwendet. Am Bein werden bei Anlage einer Unterschenkelmanschette ca. 0,4–0,6 ml/kgKG, bei einer Oberschenkelmanschette ca. 1,0 ml/kgKG an Lokalanästhetikum (normalerweise Prilocain 0,5%) benötigt.

Indikationen

Indikationen für die IVRA sind z. B.:

- Ganglienoperation, Metallentfernungen oder geschlossene Reposition einer Radiusfraktur am Arm
- Eingriffe am distalen Unterschenkel und am Fuß (selten angewandt)

Vor allem bei ambulanten Eingriffen hat die IVRA einige Vorteile.

Kontraindikationen

Als Kontraindikationen für die intravenöse Regionalanästhesie sind v. a. zu nennen:

- Herzrhythmusstörungen (v. a. bradykarder Art oder höhergradige Blockbilder)
- Gefäßerkrankungen (arterielle Durchblutungsstörung, Thrombophlebitis)
- Neuropathien
- Sichelzellanämie

Sonstiges

Da inzwischen gezeigt wurde, dass Opioid-Rezeptoren nicht nur im Bereich des ZNS, sondern auch in peripheren Geweben (im Bereich dünner afferenter Nervenfasern) nachweisbar sind [590], wurde die alleinige Gabe bzw. Beimischung eines Opioids zum Lokalanästhetikum im Rahmen einer intravenösen Regionalanästhesie untersucht. Hierdurch konnte allerdings in den meisten Studien keine zufriedenstellende Schmerzlinderung bzw. keine Wirkungsverbesserung erzielt werden, auch wenn in einzelnen Studien (z. B. durch Zusatz von 0,05 mg Fentanyl) eine signifikante Verbesserung der Analgesie beschrieben wurde [548].

Wesentliche Informationen zur intravenösen Regionalanästhesie sind in ► Tab. 16.18 zusammengefasst.

Tab. 16.18 Kurzinformation intravenöse Regionalanästhesie.

Kriterium	Details
Charakteristika	schnell einsetzende, aber auch schnell wieder abklingende Anästhesie am Arm (oder Bein)
Einsatz	Eingriffe an Unterarm und Hand, die in Blutleere abgeschlossen werden können
Kontraindikationen	<ul style="list-style-type: none"> • allgemeine Kontraindikationen für Regionalanästhesieverfahren (► Tab. 16.1), evtl. vorbestehende Nervenverletzungen oder Hämostasestörungen stellen jedoch keine Kontraindikation dar • Eingriffe, die nicht in Blutleere abgeschlossen werden können • Herzrhythmusstörungen (v. a. bradykarder Art oder höhergradige Blockbilder) • Gefäßerkrankungen (arterielle Durchblutungsstörung, Thrombophlebitis) • Neuropathien • Sichelzellanämie
Risiken	Einschwemmen des Lokalanästhetikums in den Kreislauf, Tourniquet-Schmerzen, am Unterschenkel Fibularisläsion
Medikamente	Prilocain 0,5% als Lokalanästhetikum der Wahl (bei Oberarmmanschette beim Erwachsenen meist ca. 0,5–0,6 ml/kgKG)
Empfehlungen	bei ambulanten Eingriffen günstig

Transversus-abdominis-plane-Block (TAP-Block)

Zur postoperativen Schmerztherapie nach einer Operation im Bereich der Bauchwand (z. B. Leistenhernien-Operation, Appendektomie, Laparotomie) wird sowohl bei Erwachsenen als auch bei Kindern in den letzten Jahren häufiger ein TAP-Block propagiert ([607]; [648]; [574]; [661]; [547]). Hierbei werden diejenigen thorakolumbalen Spinalnerven (Th6–L1) blockiert, die vom Rückenmark kommend – zwischen dem M. obliquus internus und dem M. abdominis transversus nach ventral zum M. rectus abdominis ziehen und die untere Bauchwand versorgen. Ungefähr im Bereich der (vorderen bis) mittleren Axillarlinie werden hierzu zwischen Rippenbogen und Beckenkamm (meist auf Höhe des Bauchnabels) mit einem transversal ausgerichteten Linearschallkopf die Bauchwandschichten dargestellt (► Abb. 16.58a). Von außen nach innen sind dies subkutanes Fettgewebe, M. obliquus externus, M. obliquus internus, M. transversus abdominis sowie Peritoneum und sich bewegende Darmschlingen (► Abb. 16.58b). Die zu blockierenden rein sensiblen Nerven verlaufen zwischen der 2. und 3. Muskelschicht, also zwischen dem M. obliquus internus und dem (relativ dünnen) M. transversus abdominis (meist in ca. 3 cm Tiefe). Auch die aus Th 12 und L1 kommenden Nn. iliohypogastricus/ilioinguinalis (S. 1180) können damit blockiert werden. Der Punktierende steht auf der zu blockierenden Seite. In In-line-Technik wird von ventral-medial nach dorsal-lateral in flachem (!) Winkel unter dem Schallkopf punktiert, wobei die Kanülenspitze genau zwischen die beiden Faszien von M. obliquus internus und M. abdominis transversus platziert werden muss. Nun wird NaCl 0,9% injiziert, mit dem die beiden Faszienblätter spaltartig auseinander gedrängt werden. Gelingt dies, liegt die Kanülenspitze richtig und es wird Lokalanästhetikum injiziert (ca. 20–30 ml beim Erwachsenen; z. B. Ropivacain 0,2–0,375%; Bupivacain 0,25%; Dosierung bei Kindern: 0,2–0,3 ml/kgKG; [591]; [696]). Gegebenenfalls kann auch ein Katheter ca. 1–3 cm weit eingeführt werden. Mit diesem TAP-Block können lediglich somatische (nicht jedoch viszerale) Schmerzen erfolgreich behandelt werden. Es ist eine Blockade von ca. Th 10–L1 möglich. Es gibt auch Berichte, dass mit einem alleinigen TAP-Block eine Bauchwandoperation möglich sein kann [684]. Beim TAP-Block muss mit relativ hohen Plasmakonzentrationen des Lokalanäs-

thetikums gerechnet werden [620]. Mögliche Komplikationen können z. B. sein: Darmverletzung, Blockade des N. femoralis, intravasale Injektion oder Hämatom. In einem Cochrane Systematic Review von 2010 wurde – aufgrund bisher mangelnder Datenlage zum TAP-Block – allerdings keine generelle Empfehlung im Rahmen der Therapie postoperativer Schmerzen im Bauchwandbereich ausgesprochen [580].

16.3.19 Lokal- und Regionalanästhesieverfahren bei Kindern

Im Gegensatz zu den meisten Erwachsenen haben die wenigsten Kinder eine Einsicht in ihren krankhaften Zustand und die evtl. notwendige Operation. Dadurch kann auch keine Kooperation von den kleinen Patienten erwartet werden, und somit können Regionalanästhesieverfahren auch fast nie am wachen Kind angelegt werden. Damit können diese Verfahren auch fast nie als alleiniges intraoperatives Analgesieverfahren angewandt werden. Lediglich bei Kindern ab ca. 8–10 Jahren kann bei entsprechendem Umfeld eine Operation in alleiniger Regionalanästhesie – insbesondere in axillärer Plexusanästhesie – durchgeführt werden. Eine Indikation hierfür ist z. B. eine Notfalloperation beim nicht nüchternen Kind. Voraussetzungen für ein alleiniges Regionalanästhesieverfahren bei Kindern sind:

- Kooperation
- keine stärkeren präoperativen Schmerzen
- guter, vertrauensvoller Kontakt zum Kind

Merke

M!

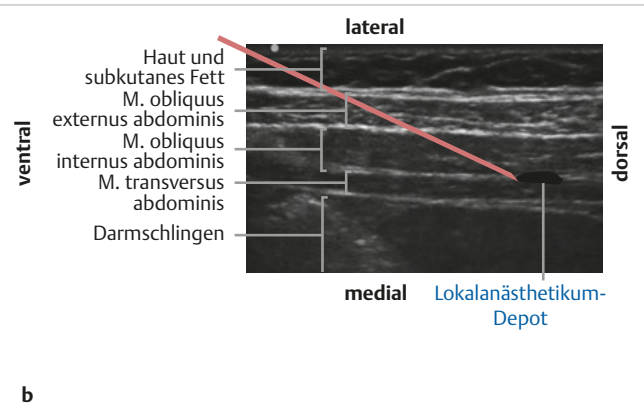
Die Qualität einer solchen Regionalanästhesie beim Kind muss jedoch 100%ig sein, denn kein Kind erduldet Missempfindungen oder Schmerzen im Fall eines inkompletten Blocks.

Regionalanästhesien werden bei Kindern daher fast ausschließlich zum Zweck der postoperativen Schmerztherapie angelegt. Die Blockaden (z. B. ein Peniswurzelblock) werden normalerweise in Narkose angelegt. Die verschiedenen Verfahren der Lokal- und Regionalanästhesie bei Kindern werden ausführlich im Kap. 61.6 beschrieben.



Abb. 16.58 TAP-Block (Transversus-abdominis-plane-Block).

- a Position des Schallkopfes und Punktionsrichtung beim TAP-Block.
b Bauchwandschichten im Punktionsbereich.



Zu den Lokal- und Regionalanästhesieverfahren, die häufiger bei Kindern durchgeführt werden, gehören z. B.:

- Wundinfiltration
- Peniswurzelblock
- Blockade der Nn. ilioinguinalis oder iliohypogastricus
- Kaudalanästhesie

16.3.20 Risiken der postoperativen Schmerztherapie mittels Kathetertechniken

Die Risiken der postoperativen Schmerztherapie mittels Kathetertechniken wie Katheterinfektionen, neurologische Komplikationen, Katheterdislokation u. Ä. werden im Kap. 80.5 ausführlich beschrieben.

16.4 Literatur

- [547] Abdallah FW, Chan VW, Brull R. Transversus abdominis plane block: a systematic review. *Reg Anesth Pain Med* 2012; 111: 998–1003
- [548] Abdulla W, Kroll S, Eckhardt-Abdulla R. Intravenöse Regionalanästhesie. Ein neues Konzept in klinischer Prüfung. *Anästh Intensivmed* 2000; 41: 95–103
- [549] ACCP 2008. Warkentin TE, Greinacher A, Koster A, Lincoff AM. Treatment and prevention of heparin-induced thrombocytopenia: American College of Chest Physicians Evidence-Based Clinical Practice Guidelines. 8th Edition. *Chest* 2008; 133: 340S–380S
- [550] Alcock RF, Kouzios D, Naoum C et al. Perioperative myocardial necrosis in patients at high cardiovascular risk undergoing elective non-cardiac surgery. *Heart* 2012; 98: 792–798
- [551] Anforderungen an die Hygiene bei Punktionen und Injektionen. Empfehlung der Kommission für Krankenhaushygiene und Infektionsprävention beim Robert-Koch-Institut (RKI). *Bundesgesundheitsbl* 2011; 54: 1135–1144
- [552] Angst MS, Ramaswamy B, Riley T, Stanski DR. Lumbar epidural morphine in humans and supraspinal analgesia to experimental heat pain. *Anesthesiology* 2000; 92: 312–324
- [553] Antonakakis JG, Sites BD, Shiffin J. Ultrasound-guided posterior approach for the placement of a continuous interscalene catheter. *Reg Anesth Pain Med* 2009; 34: 64–68
- [554] Auroy Y, Narchi P, Messiah A et al. Serious complications related to regional anesthesia: results of a prospective survey in France. *Anesthesiology* 1997; 87: 479–486
- [555] Auroy Y, Benhamou D, Bargues L et al. Major complications of regional anesthesia in France. *Anesthesiology* 2002; 97: 1274–1280
- [556] Barthels M. Gerinnungsdiagnostik. *Hämostaseologie* 2008; 28: 320–334
- [557] Basurto Ona X, Martinez G L, Solà I et al. Drug therapy for treating post-dural puncture headache. *Cochrane Database Syst Rev*. 2011; (8): CD007887
- [558] Bauer KA, Eriksson BI, Lassen MR et al. Fondaparinux compared with enoxaparin for the prevention of venous thromboembolism after elective major knee surgery. *N Engl J Med* 2001; 345: 1305–1310
- [559] Baumann H, Biscopig J. Gedachter und tatsächlicher Weg von Epiduralnadeln. Modelluntersuchungen an Testgewebe. *Anaesthesist* 2007; 56: 780–784
- [560] Beck GC, Dempfle CE. Wann ist eine HIT eine HIT? *Anästh Intensivmed* 2008; 9: 456–467
- [561] Beland B, Prien T, Van Aken H. Differentialindikation zentraler und peripherer Leitungsanästhesien. *Anaesthesist* 2000; 49: 495–504
- [562] Besmer I, Schüpfer G, Schleppers A. Neurologische Komplikationen nach Schulterchirurgie in Interskalenusblockade. *Anästh Intensivmed* 2005; 46: 139–143
- [563] Bezov D, Lipton RB, Ashina S. Post-dural puncture headache: part I diagnosis, epidemiology, etiology, and pathophysiology. *Headache* 2010a; 50: 1144–1152
- [564] Bezov D, Ashina S, Lipton R. Post-dural puncture headache. Part II: prevention, management, and prognosis. *Headache* 2010b; 50: 1482–1498
- [565] Bier A. Versuche über Cocainisierung des Rückenmarkes. *Dtsch Z Chir* 1899; 51: 361–369
- [566] Broch O, Breuking E. Vergleich von Clonidin und Tramadol als Zusatz zur axillären Plexusblockade mit Prilocain. *Anesthesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther* 2005; 40: 526–531
- [567] Brodner G, Meißner A, Rolf N, Van Aken H. Die thorakale Epiduralanästhesie – mehr als ein Anästhesieverfahren. *Anaesthesist* 1997; 46: 751–762
- [568] Brodner G, Pogatzki E, Van Aken H et al. A multimodal approach to control postoperative pathophysiology and rehabilitation in patients undergoing abdominothoracic esophagectomy. *Anesth Analg* 1998; 86: 228–234
- [569] Brull R, McCartney CJ, Chan VW, El-Beheiry H. Neurological complications after regional anesthesia: contemporary estimates of risk. *Anesth Analg* 2007; 104: 965–974
- [570] Büttner J. Regionalanästhesie bei Patienten mit Infektionen oder Immunsuppression. Nutzen-Risiko-Abwägung. *Anaesthesist* 2013; 62: 172–174
- [571] Büttner B, Mansur A, Bauer et al. Einseitige Spinalanästhesie. Literaturübersicht und Handlungsempfehlung. *Anaesthesist* 2016; 65: 847–865
- [572] Büttner J, Meier G. Zugangswege zum Plexus brachialis. *Anesthesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther* 2006; 7–8: 491–497
- [573] Cameron CM, Scott DA, McDonald WM, Davis MJ. A review of neuraxial epidural morbidity: Experience of more than 8000 cases at a single teaching hospital. *Anesthesiology* 2007; 106: 997–1002
- [574] Carney J, Finnetry O, Rauf J et al. Ipsilateral transversus abdominis plane block provides effective analgesia after appendectomy in children: a randomized controlled trial. *Anesth Analg* 2010; 111: 989–1003
- [575] Carpenter RL, Hogan QH, Liu SS et al. Lumbosacral cerebrospinal fluid volume is the primary determinant of sensory block extend and duration during spinal anesthesia. *Anesthesiology* 1998; 89: 24–29
- [576] Casati A, Borhi B, Fenelli G et al. Interscalene brachial plexus anesthesia and analgesia for open shoulder surgery: a randomized, double-blinded comparison between levobupivacaine and ropivacaine. *Anesth Analg* 2003; 96: 253–259
- [577] Casati A, Vinciguerra F, Cappelleri G et al. Levobupivacaine 0.2% or 0.125% for continuous sciatic nerve block: a prospective, randomized, double-blind comparison with 0.2% ropivacaine. *Anesth Analg* 2004; 99: 919–923
- [578] Cesarini M, Torrielli R, Lahaye F et al. Sprotte needle for intrathecal anesthesia for caesarean section: incidence of postdural puncture headache. *Anaesthesia* 1990; 45: 656–658
- [579] Chamberlain DP, Chamberlain BDL. Changes in the skin temperature of the trunk and their relationship to sympathetic blockade during spinal anesthesia. *Anesthesiology* 1986; 65: 139–143
- [580] Charlton S, Cyna AM, Middleton P et al. Peroperative transversus abdominis plane (TAP) blocks for analgesia after abdominal surgery. *Cochrane Database Syst Rev* 2010: CD007705
- [581] Cook TM, Counsell D, Wildsmith JA. Major complications of central neuraxial block: report on the Third National Audit Project of the Royal College of Anaesthetists. *Br J Anaesth* 2009; 102: 179–190
- [582] Dean HP. Discussion on the relative value of inhalation and injection methods of inducing anaesthesia. *Br Med J* 1907; 5: 869–877
- [583] DGAInfo 2015. Periphere Blockaden der oberen Extremität. Vorhensweise Landmarken-gestützter und Ultraschall-gestützter Verfahren. DGAInfo. Aus den Wiss. Arbeitskreisen Regionalanästhesie und Geburtshilfe sowie Ultraschall in der Anästhesie und Intensivmedizin. *Anästh Intensiv* 2015; 56: 244–252
- [584] Duffy BL. „Don't turn the needle!“ *Anaesth Intensive Care* 1993; 21: 328–330
- [585] Eberhart LH, Morin AM, Kranke P et al. Transiente neurologische Symptome nach Spinalanästhesie. Eine quantitative systematische Übersicht (Metaanalyse) randomisierter kontrollierter Studien. *Anaesthesist* 2002; 51: 539–546
- [586] Eifert B, Hahn R, Maier B et al. Die kombinierte „3-in-1“-/Ischiadicus-Blockade. Blockadeerfolg, Serumspiegel und Nebenwirkungen bei Einsatz von je 700 mg Mepivacain 1% ohne und mit Adrenalin sowie Prilocain 1%. *Anaesthesist* 1996; 45: 52–58
- [587] Empfehlung DGA 2014. Waurick K, Riess H, Van Aken H et al. 3. überarbeitete Empfehlung der Deutschen Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin. S1-Leitlinie. Rückenmarknahe Regionalanästhesien und Thromboembolieprophylaxe/antithrombotische Medikation. Beschluss des Präsidiums der DGA vom 21.07.2014. *Anesthesiol Intensivmed* 2014; 55: 464–92. Erratum: *Anästh Intensivmed* 2014; 55: 541; Leserbrief und Stellungnahme: *Anästh Intensivmed* 2015; 56: 135–136
- [588] Engelbrecht JS, Pogatzki-Zahn EM, Zahn P. Rückenmarknahe Regionalanästhesie bei Patienten mit hämorrhagischen Diathesen. Entscheidung am Rande des Evidenzminimums? *Anaesthesist* 2011; 60: 1126–1134