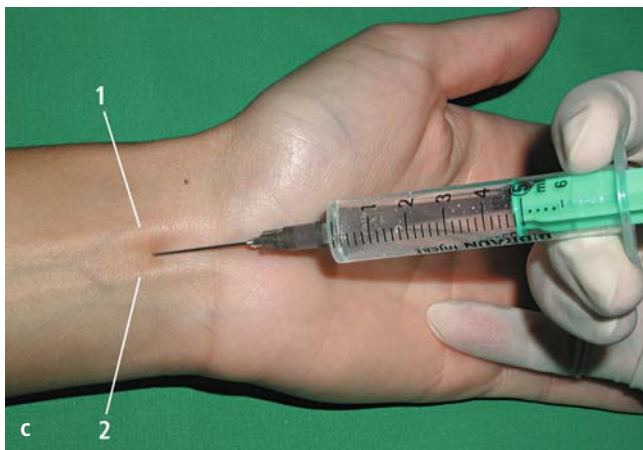
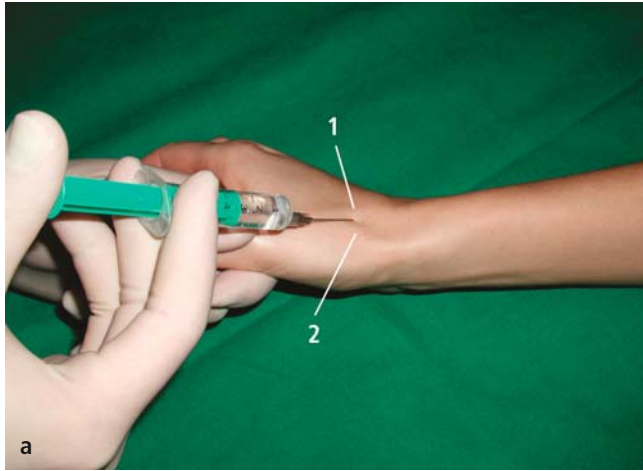


Blockade am Handgelenk

Der N. medianus kann ca. 2–3 cm proximal der Handgelenkfalte zwischen den (bei kräftigem Faustschluss) gut erkennbaren Sehnen des M. palmaris longus und des M. flexor carpi radialis blockiert werden. Es wird knapp



neben der Sehne des M. palmaris longus sehr schräg in Richtung des Nervs vorgestochen (Abb. 16.18c). Da der N. medianus im Karpaltunnel fixiert ist und einer vordringenden Kanüle nicht ausweicht, können leicht Parästhesien ausgelöst werden. Die Kanüle ist in diesem Fall vor der Injektion etwas zurückzuziehen. Es genügt die Injektion von ca. 3 ml Lokalanästhetikum.

Durch die zusätzliche subkutane Injektion von ca. 1 ml Lokalanästhetikum lässt sich ein oberflächlicher Hautast blockieren, der die Haut des Daumenballens versorgt.

Blockade des N. ulnaris

Blockade am Ellenbogengelenk

Auf einer gedachten Verbindungslinie zwischen Condylus humeri medialis und dem Olekranon der Ulna zieht der N. ulnaris nahe dem Condylus medialis durch den Sulcus nervi ulnaris. Durch Stoßen dieses Bereichs können bekanntermaßen leicht Parästhesien im Ulnarisbereich (v.a. im Kleinfingerbereich) ausgelöst werden. Der N. ulnaris



Abb. 16.18 Nervenblockade im Bereich des Handgelenks. **a, b** Blockade des N. radialis; 1 = Sehne des M. extensor pollicis longus, 2 = Sehne des M. extensor pollicis brevis. **c** Blockade des N. medianus; 1 = Sehne des M. flexor carpi radialis, 2 = Sehne des M. palmaris longus. **d, e** Blockade des N. ulnaris, alternative Punktionsverfahren.



Abb. 16.19 Blockade des N. ulnaris im Bereich des Ellenbogengelenks.

wird ca. 1–2 cm proximal des Sulcus ulnaris blockiert. Hierzu wird das Ellenbogengelenk ca. 90° angewinkelt. Die Stimulationskanüle sollte nicht senkrecht, sondern relativ schräg an die Nerven herangeführt werden (Abb. 16.19). Es genügen hierfür ca. 5 ml Lokalanästhetikum. Da der Nerv hier gut bindegewebig fixiert ist und einer Kanüle kaum ausweicht, können leicht Nervenverletzungen verursacht werden. Eventuell kann der N. ulnaris auch 3–5 cm proximal des Sulcus ulnaris aufgesucht werden. Hierbei werden 5–10 ml Lokalanästhetikum injiziert. Die

Gefahr einer Nervenverletzung scheint hierbei geringer. Insgesamt reagiert der N. ulnaris besonders empfindlich auf mechanische Irritationen. Nach Ulnaris-Blockaden wurden wiederholt Neuritiden beschrieben.

Blockade am Handgelenk

Der N. ulnaris und seine Hautäste können auch im Bereich des Handgelenks blockiert werden. Hierzu wird etwas proximal der Handgelenkfalte von ulnar unter der Sehne des M. flexor carpi ulnaris nach radialwärts in Richtung des dort verlaufenden N. ulnaris vorgestochen (Abb. 16.18d). Zur Blockade der ulnaren Hautäste können noch vom gleichen Punktionsort ein dorsaler und volarer subkutaner Wall angelegt werden. Es kann auch ca. 2–3 cm proximal der Handgelenkfalte direkt radial der Sehne des M. flexor carpi ulnaris (bzw. direkt ulnar der A. ulnaris) nach dorsal auf den N. ulnaris punktiert werden (Abb. 16.18e). Der N. ulnaris verläuft direkt ulnar der oft tastbaren A. ulnaris. Es werden ca. 3 ml Lokalanästhetikum injiziert.

16.3.15 Rückenmarksnahe Regionalanästhesie

Allgemeine Bemerkungen

Zu den rückenmarksnahen Regionalanästhesieverfahren gehören:

- Spinalanästhesie
- Periduralanästhesie
- Kaudalanästhesie (Kap. 65.6.3, S. 1203)

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. 16.20). 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. 16.21). 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

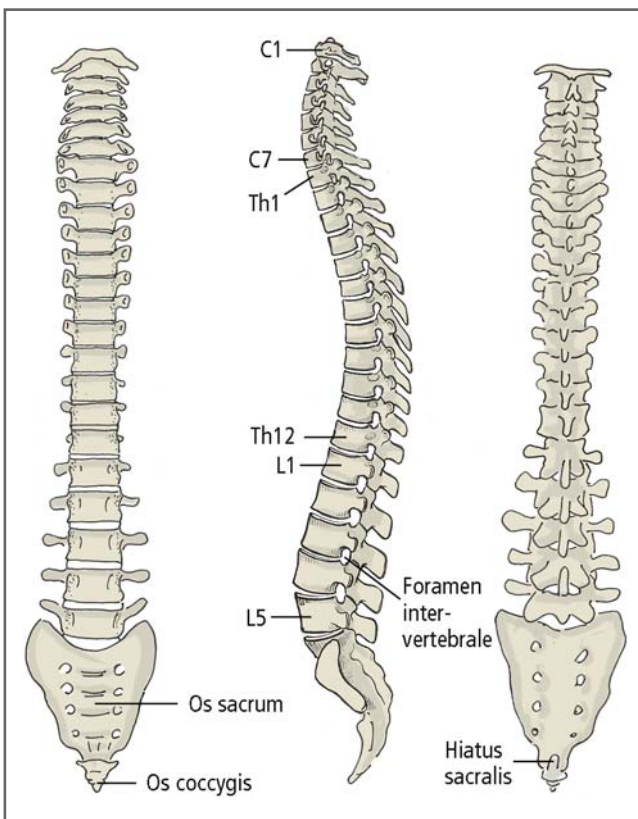


Abb. 16.20 Anatomie der knöchernen Wirbelsäule in Frontalansicht (links), Lateralansicht (Mitte) und Dorsalansicht (rechts).

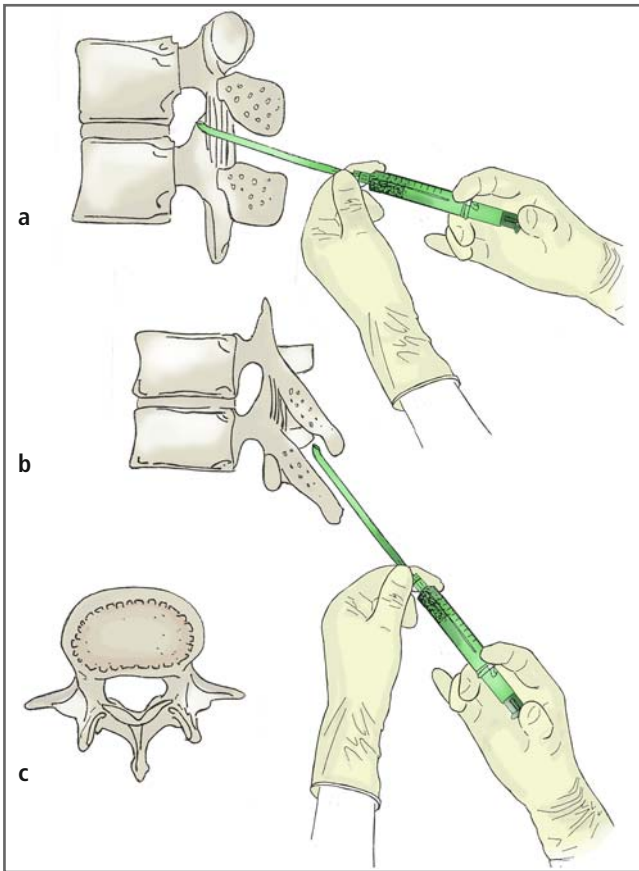


Abb. 16.21 Mediane Zugangswege zu den Wirbelkörpern bei einem Lendenwirbelkörper mit Punktionsrichtung ca. 10° nach kranial (a) und einem Wirbelkörper aus dem mittleren Thorakalbereich mit Punktionsrichtung ca. 50° nach kranial (b). Wirbelkörper in der Aufsicht (c).

ein von ihm versorgtes Hautareal (Dermatom) zugeordnet werden (Abb. 16.22). 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 zartem 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.

Die Dura mater (Theka) wird vom sog. **Periduralraum** umgeben, der reichlich Venengeflechte (v.a. in den lateralen Bereichen), Bindegewebe und Fettgewebezellen enthält (Abb. 16.24). 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 Periost dem knöchernen Wirbelkanal anliegt. Die Dura begleitet die zu den Foramina intervertebrale ziehenden Spinalnerven nach lateral und verschmilzt lateral des Spinalganglions mit dem Epineurium der Spinalnerven. Das äußere Blatt der Durascheide (Abb. 16.24) überzieht als Periost 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 des Lokalanästhetikums bei der Periduralanästhesie zu beachten (S. 460).

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 Kindern unter einem Jahr endet das Rückenmark normalerweise in Höhe des Lendenwirbelkörpers (LWK) 3(–4) (s. auch Kap. 65.6.3, S. 1204). Im Alter von 12–16 Jahren 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. 16.23). Spinalpunktionen sollten normalerweise bei Erwachsenen nur unterhalb von LWK3 (normalerweise L3/L4) und bei Kindern unterhalb von L4 durchgeführt 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 Subarachnoidalraumes eingebracht. Der Periduralraum (die Dura mater) reicht bei Neugeborenen meist bis S3 (manchmal bis S4). Bei Jugendlichen und bei Erwachsenen endet der Durasack bei S1, öfter auch bei S2 (Abb. 65.24).

Während das gesamte Liquorvolumen bei Erwachsenen ungefähr 2 ml/kg KG, d.h. ca. 150 ml, beträgt, wird das Liquorvolumen im lumbosakralen Bereich mit 42–81 ml angegeben (Carpenter et al. 1998). 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 Periduralraumes 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. 16.24).

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 schmäler. ◀◀

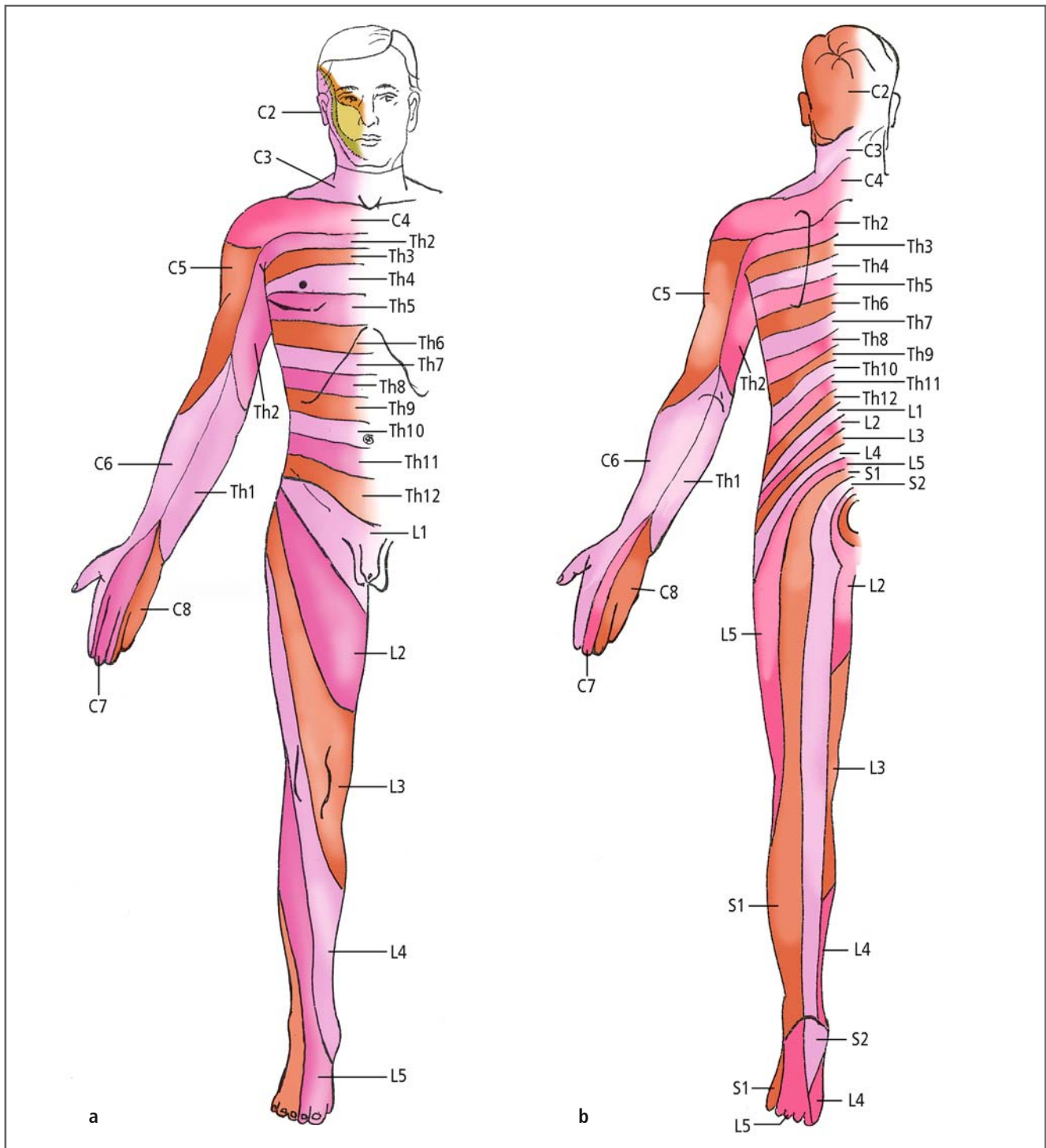


Abb. 16.22 Dermatomenteilung. a Frontalansicht. b Dorsalansicht.

Blockade einzelner Nervenfasertypen

Bei Injektion eines Lokalanästhetikums in den lumbalen Subarachnoidalraum (d.h. bei einer Spinalanästhesie; S. 437) 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. zu einem Abfall des Blutdrucks. Danach werden die C-Fasern und dann die A δ -Fasern blockiert, also Wärme und Kälteempfinden ausgeschaltet. Anschließend werden die A β -Fasern, also Druck und Berührung, blockiert und zuletzt werden die dicksten Fa-

sern, die $A\alpha$ -Motoneurone, also die Motorik ausgeschaltet (Kap. 15.1.1, S. 374; s. auch Tab. 15.1). Diese Reihenfolge der Blockade trifft insbesondere für die Spinalanästhesie (S. 437) zu. Bei der Periduralanästhesie (S. 454) oder Kaudalanästhesie (Kap. 65.6.3, S. 1203) ist diese Reihenfolge der Nervenfasernblockade weniger vorhersagbar ausgeprägt.

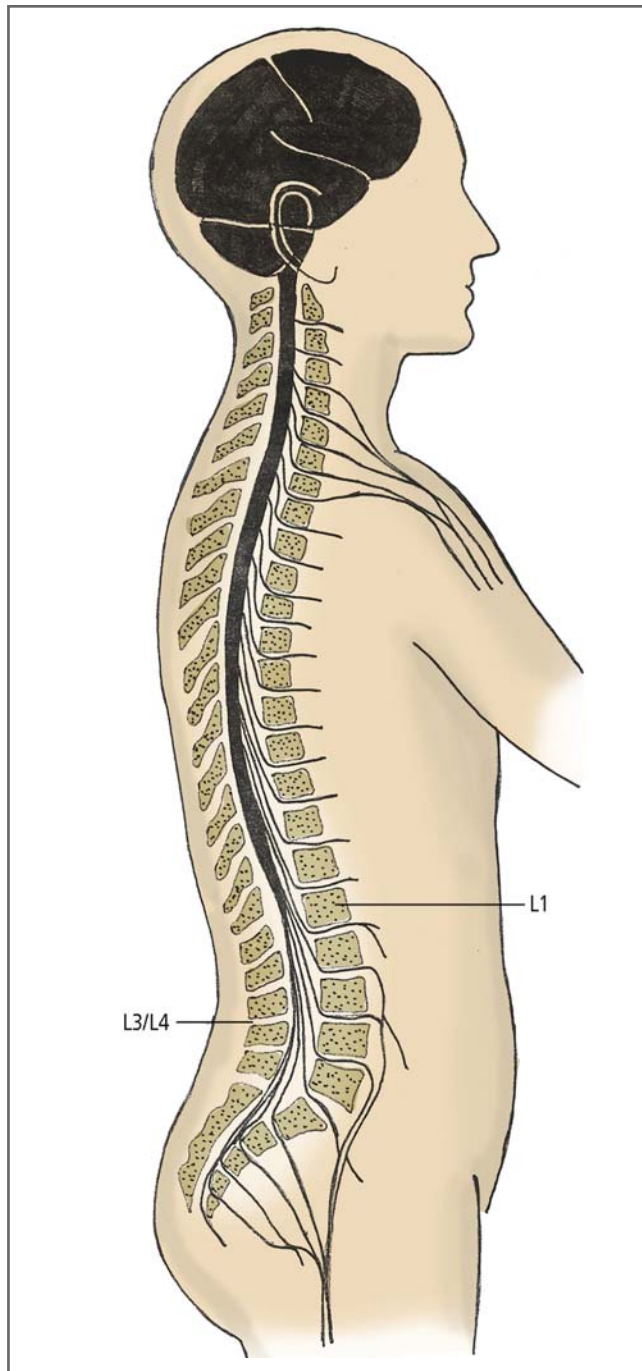


Abb. 16.23 Lage des Rückenmarks im Spinalkanal. Das Rückenmark endet normalerweise auf Höhe von L1–L2 (selten bei L2–L3); die übliche Punktionsstelle für eine Spinal- oder Periduralanästhesie liegt zwischen L3 und L4.

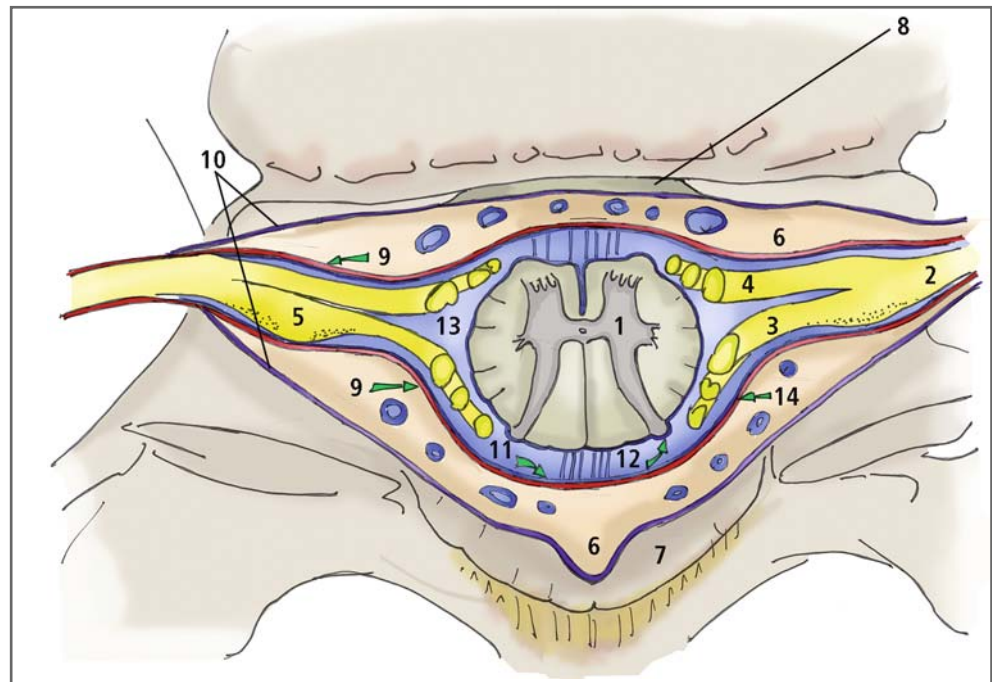
Bei Abklingen einer rückenmarksnahen Regionalanästhesie kehrt meistens zuerst die Motorik, dann die Sensibilität und schließlich die Sympathikusfunktion wieder zurück. Trotz abgeklungener sensibler und motorischer Blockade kann also evtl. noch eine sympathische Denerrierung bestehen. Deshalb sollten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

Sympathikusfasern

Präganglionäre Fasern verlassen das Rückenmark mit den Spinalnerven C8 bis L2 (Abb. 23.2, S. 595). Das präganglionäre (1.) sympathische Neuron zieht dann vom entsprechenden Spinalnerven über den sog. Ramus communicans albus zum sympathischen Grenzstrang und wird dort auf das postganglionäre (2.) sympathische Neuron umgeschaltet. Die postganglionären Fasern verlaufen über den Ramus communicans griseus zu den selben Spinalnerven zurück (Abb. 16.25), 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. auch Abb. 23.2, S. 595). 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. 16.25). 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. 2–3 Segmente weiter nach kranial als die sensible Blockade. 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 vor allem die venöse Gefäßweitstellung. Der periphere Gefäßwiderstand sinkt jedoch nur ca. 15–18 % ab, falls das Herzminutenvolumen konstant bleibt. Der Abfall des arteriellen Blutdrucks im Rahmen einer rückenmarksnahen Regionalanästhesie ist dadurch bedingt, dass es aufgrund der vor allem venösen Gefäßweitstellung mit venösem Pooling zu einem verminderten venösen Rückstrom mit Abfall des Herzminutenvolumens kommt. Die verminderte Füllung des rechten Ventrikels führt unter Vermitt-

Abb. 16.24 Querschnitt durch die thorakale Wirbelsäule; 1 = Rückenmark, 2 = Spinalnerv (Interkostalnerv), 3 = motorische Vorderwurzel, 4 = afferente Hinterwurzel, 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).



lung entsprechender Dehnungsrezeptoren außerdem typischerweise zu einer Bradykardie mit weiterem Abfall des Herzminutenvolumens. 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 Verminderung des venösen Rückflusses zum Herzen über die gleichen Reflexbögen eine reflektorische Bradykardie. Im Extremfall kann eine Asystolie auftreten. Atropin ist bei

einer solchen reflektorischen Bradykardie wirkungslos. Wichtig ist die frühzeitige Gabe eines Vasokonstriktors (z.B. Akrinor®) und in schweren Fällen die frühzeitige Gabe von Adrenalin. Bei Normovolämie und nicht übermäßig abfallendem Preload sinkt die Herzfrequenz über diesen Reflex nur ca. 10–15% ab. 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 Herzfrequenz und Herzminutenvolumen – und damit der aktuelle Blutdruck – weiter abfallen (Therapie eines solchen Blutdruckabfalles s.u., S. 447).

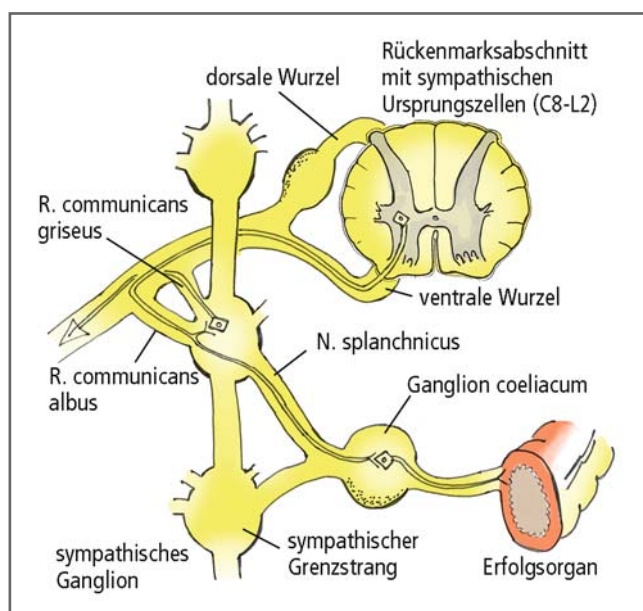


Abb. 16.25 Anatomischer Ausschnitt aus dem sympathischen Nervensystem.

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 normovolä-

mischen 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/kg KG bzw. 1000 ml) vorgenommen wird (Jackson et al. 1995; Tercanli et al. 2002). 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. 9.1, S. 306).

Aus diesen Gründen wird inzwischen nicht mehr eine vorherige großzügige Gabe kristalloider Lösungen, sondern eher eine schnelle Zufuhr kristalloider Lösungen während (!) der Anlage einer rückenmarksnahen Regionalanästhesie (= sog. Cohydratation; »coloadung«) oder die vorherige Gabe einer (länger intravasal verbleibenden) kolloidalen Lösung empfohlen (ausführliche Diskussion vgl. Kap. 68.2.3, S. 1274).

Die bedarfsadaptierte Gabe eines Vasokonstriktors (z.B. Akrinor®) ist einer großzügigen Volumengabe vorzuziehen. Wegen den bei einer rückenmarksnahen Regionalanästhesie eingeschränkten vaskulären Kompensationsmöglichkeiten sollte bei voraussichtlich stärker blutenden Operationen von einer 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, einer Modifikation der Spinalanästhesie (S. 446), werden nur die Sakralsegmente blockiert. In diesem Bereich treten keine präganglionären Sympathikusfasern aus dem Rückenmark aus (Abb. 23.3, S. 595), es ist also hierbei kein Blutdruckabfall zu erwarten.

Parasympathikusfasern

Parasympathische Fasern entspringen vor allem im Hirnstamm und verlaufen mit verschiedenen Hirnnerven, vor allem dem N. vagus, nach peripher (Abb. 23.3, S. 595). 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, S. 595).

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 Parasympathikusdenerverung hält relativ lange an, weil das Lokalanästhetikum in den kaudalen Abschnitten des Subarachnoidalraumes 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. 16.26). Auch für die postoperative Schmerztherapie ist dies zu beachten. Alternativ bietet sich z.B. meist eine patientenkontrollierte Analgesie (PCA; Kap. 84.2.2, S. 1640) an. Ein Patient, der eine rückenmarksnahen Regionalanästhesie ablehnt oder dieser gegenüber sehr skeptisch eingestellt ist, sollte nicht dazu

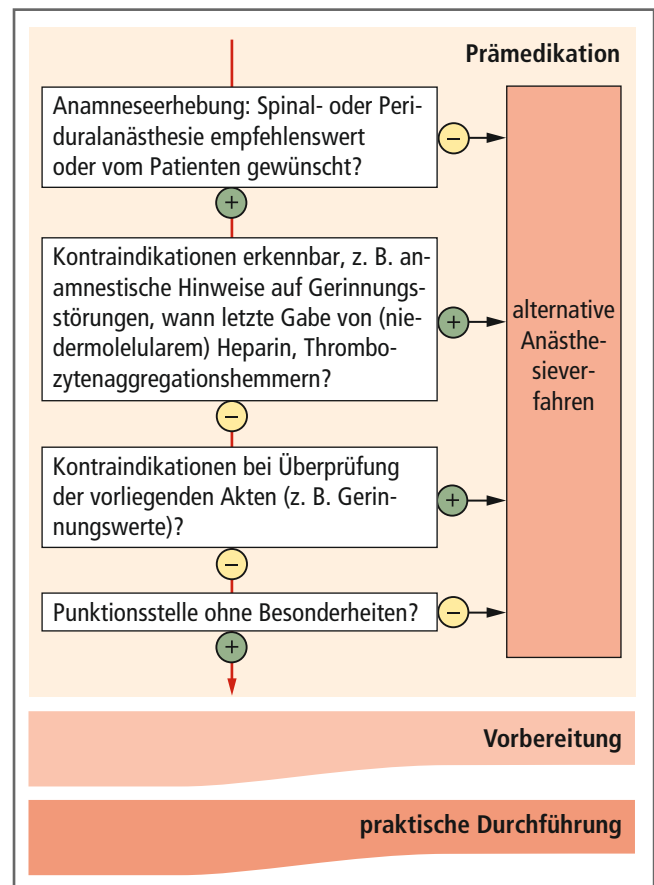


Abb. 16.26 Prämedikation eines Patienten für die Spinal- oder Periduralanästhesie.

gedrängt werden. Es sollte die Devise gelten: »Überzeugen ja, überreden nein.« Im Rahmen der Aufklärung muss auf die verfahrenstypischen Komplikationen hingewiesen werden: Dies sind vor allem das Risiko einer Blutung, einer Entzündung (im Extremfall eine Meningoenzephalitis), einer Nervenschädigung (im Extremfall eine Querschnittslähmung), einer Allergie auf das injizierte Medikament, postpunktionelle Kopfschmerzen und ein Versagen des Verfahrens (s. auch Kap. 16.3.2, S. 388).

Sind klinisch und anamnestisch keine (!) Hinweise auf eine Gerinnungsstörung erkennbar, dann sind vor einer rückenmarksnahen Regionalanästhesie keine gerinnungsphysiologischen Untersuchungen zwingend (Wulf 1995; Thöns u. Zenz 1997; Diskussion der Gerinnungsproblematik s. Kap. 16.3.4, S. 391).

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, S. 44). Benzodiazepine haben eine beruhigend-anxiolytische Wirkung und können außerdem die Krampfschwelle erhöhen, sodass oft ein gewisser Schutz vor potenziell ZNS-toxischen Nebenwirkungen höherer Lokalanästhetikadosen erwartet wird (s.u.). Es ist zu beachten, dass Patienten nach Anlage einer rückenmarksnahen Regionalanästhesie (vermutlich aufgrund der auftretenden Deafferenzierung) müde werden (Schaer u. Essig 1998). Aufgrund der additiven Wirkung von medikamentöser Prämedikation und blockadebedingter Sedierung ist eine erhöhte Aufmerksamkeit und Überprüfung der Vigilanz des Patienten notwendig.

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, sollte eine zusätzliche intraoperative medikamentöse Anxiolyse durchgeführt werden. Hierzu bietet sich z.B. eine sehr vorsichtige, fraktionierte Dosierung von z.B. Midazolam an (z.B. 0,5–1 mg Boli beim Erwachsenen bei Bedarf). Wiederholt wurde inzwischen auch die kontinuierliche Infusion von Disoprivan (ca. 1,5–2–3 mg/kg KG/h) empfohlen (Dertwinkel u. Nolte 1988; Conrad et al. 1990). Initial ist hierbei eine bedarfsadaptierte Bolusgabe (bis 1 mg/kg KG fraktioniert) zu verabreichen. Stets ist bei einer medikamentösen Anxiolyse und Sedie-

rung eine engmaschige Kontrolle von Ventilation und Oxygenierung wichtig. Unter großzügiger medikamentöser Sedierung während Regionalanästhesieverfahren sind schon häufiger Hypoventilationen und Apnoen beschrieben worden. Es sollte möglichst routinemäßig die Spontanatmung kapnometrisch überwacht (Kap. 16.3.11, S. 406) und Sauerstoff verabreicht werden. Ein höher dosiertes Sedativum (z.B. Midazolam), das die zerebrale Krampfschwelle deutlich anhebt, scheint auf den ersten Blick vor 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 eine ernste Intoxikation geben. Ist die zerebrale Krampfschwelle durch entsprechende Sedativa (Anxiolytika) deutlich erhöht, können schon kurz nach den zerebralen Symptomen oder gleich primär kardiotoxische Probleme auftreten. Eine deutliche Anhebung der zerebralen Krampfschwelle hat somit auch Nachteile.

Durchführung beim narkotisierten Patienten?

Rückenmarksnahen 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.« (Wulf et al 1999).

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, S. 346). Die allgemeine Vorbereitung des Patienten auf eine rückenmarksnahen Regionalanästhesie ist in Abbildung 16.27 wiedergegeben.

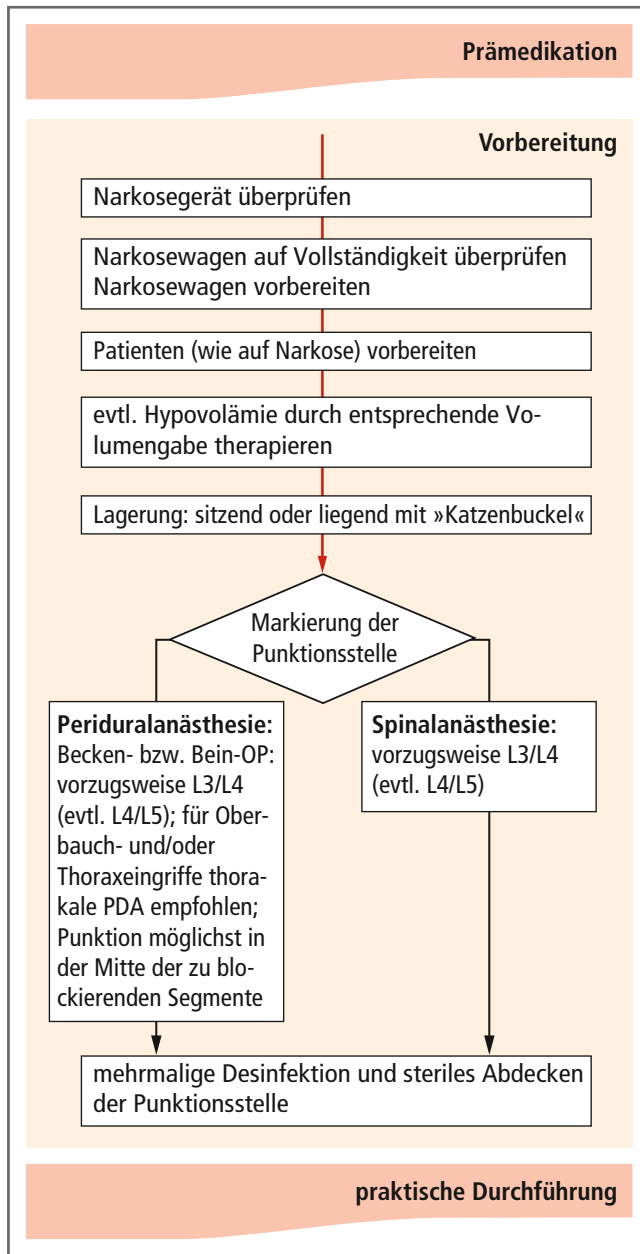


Abb. 16.27 Vorbereitung eines Patienten für eine Spinal- oder Periduralanästhesie.

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 Gerinnungsstörungen (Kap. 16.3.4, S. 391)
- Allergien gegen Lokalanästhetika (Kap. 14.2.2, S. 362)
- nicht kooperative Patienten
- starke Hypovolämie
- lokale Infektionen im Punktionsbereich
- 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. 448)
- Bakteriämie (Beland et al. 1997): Es sollte möglichst vorher eine kalkulierte Antibiotika-Therapie eingeleitet und deren Wirkung (Temperaturrückgang) abgewartet werden.
- neurologische Erkrankungen (s.u.)
- beeinträchtigtes Immunsystem (z.B. Steroid-Therapie)
- relevante Aortenstenose, Vitien mit Rechts-links-Shunt, pulmonale Hypertonie

Neurologische Erkrankungen werden vielfach als Kontraindikation für eine Spinalanästhesie angeführt, obwohl dies wissenschaftlich nicht belegt ist. Auch sind z.B. ein Morbus Parkinson und eine multiple Sklerose keine absoluten Kontraindikationen 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 (Jost et al. 2004). 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, Mundschutz und Kopfhaube (ein steriler Kittel ist nicht unbedingt notwendig; van Aken u. Meyer 1999; Morin et al. 2006; vgl. allgemeine Hygienemaßnahmen; Kap. 16.3.3, S. 389)

- Desinfektionslösung
- Lokalanästhetikum für die lokale Betäubung der Punktionsstelle
- Lokalanästhetikum für die Spinalanästhesie, z.B. Bupivacain 0,5% isobar oder Ropivacain 0,5% isobar (Kap. 14.4.1, S. 365)
- 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)
 - steriles Lochtuch
 - 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.u.) für die dünne Spinalkanüle
 - Spinalkanüle (z.B. 25-G-Sprotte®-Kanüle)
- steriles Verbandsmaterial für die Punktionsstelle

Vorgehen

Eine Spinalpunktion (Abb. 16.28) kann am sitzenden (Abb. 16.29) oder am liegenden (Abb. 16.30) 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 Blutdruckabfalles (S. 447) 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.

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

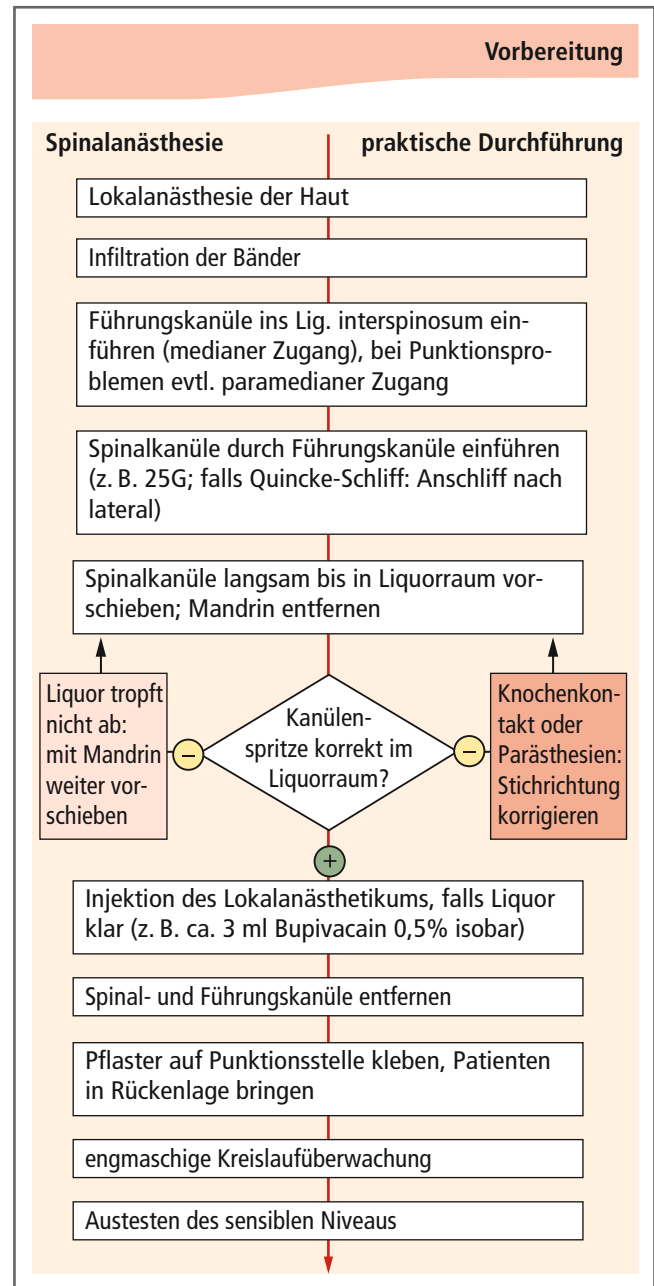


Abb. 16.28 Durchführung einer Spinalanästhesie (Einzelheiten s. Text).

(Abb. 16.31a). 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 Daumen markiert werden, damit sie auch nach der sorgfältigen Desinfektion (Kap. 16.3.3, S. 389) noch erkennbar ist (Abb. 16.31b, c).

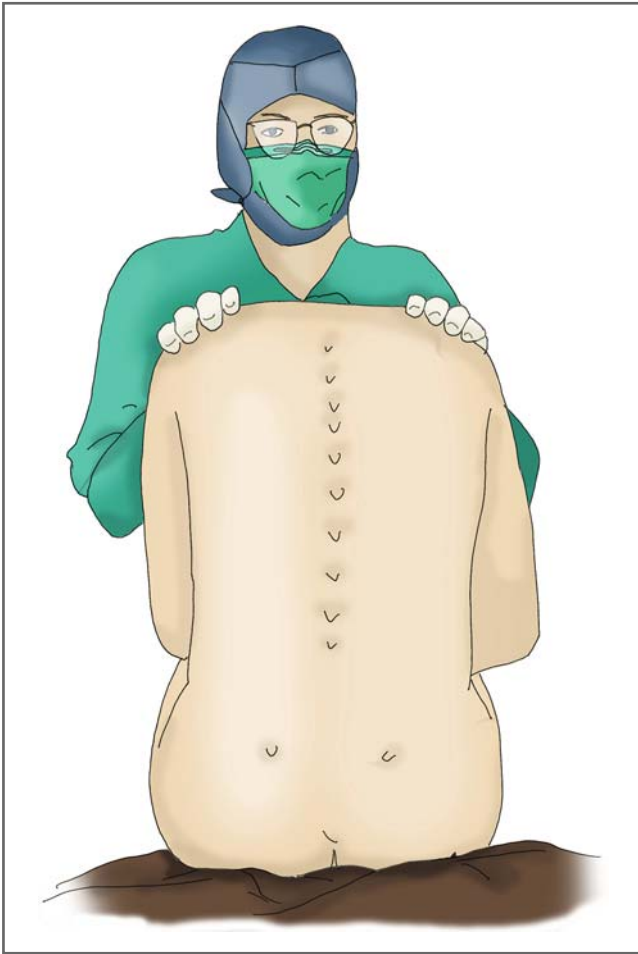


Abb. 16.29 Sitzende Position für eine rückenmarksnahe Punktion (»Katzenbuckel«).

Bei der Punktion des Spinalraumes werden folgende Strukturen durchstoßen (Abb. 16.32):

- 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 ausgespannt ist)
- Periduralraum (bestehend aus lockerem Bindegewebe, Fettgewebe und reichlich Venengeflechten), nur einige Millimeter breit
- Dura (harte Hirnhaut)
- Spinalraum (mit Liquor und Cauda equina)

Nach mehrmaliger großflächiger Desinfektion der Punktionsstelle (Abb. 16.31d) wird diese mit einem sterilen Lochtuch abgeklebt. Normalerweise wird in der Mittel-

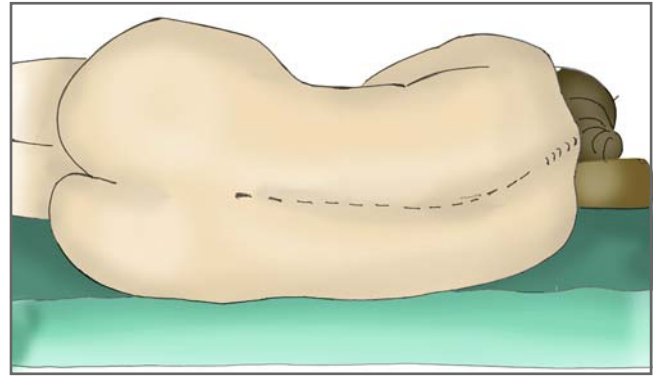


Abb. 16.30 Liegende Position für eine rückenmarksnahe Punktion (»Katzenbuckel«).

linie (medianer Zugang) zwischen dem Dornfortsatz des dritten und vierten Lendenwirbelkörpers (LWK3/4) mit einem Lokalanästhetikum (z.B. Lidocain 1 %) eine Hautquaddel (Abb. 16.31e) gesetzt. Zusätzlich werden die tiefer liegenden Bandstrukturen betäubt (Abb. 16.31 f.). Es empfiehlt sich nun, durch die Hautquaddel eine dickere »Führungskanüle« bis ins Lig. interspinale einzustechen (Abb. 16.31 g.). Durch diese **Führungskanüle** wird eine möglichst dünne Spinalkanüle (z.B. 25 G) eingeführt. Bei Verwendung einer Führungskanüle verbiegt sich die Spinalkanüle nicht so leicht, es können daher sehr dünne Spinalkanülen verwendet werden. Die Stichrichtung der Spinalkanüle sollte horizontal bis leicht nach kranial (ca. 10°) verlaufen. Da die Bindegewebsfasern der zu durchstechenden Dura vor allem von kranial nach kaudal verlaufen, empfiehlt es sich, bei Spinalkanülen mit schräg angeschliffener Spitze (Quincke-Schliff; Abb. 16.35) den Schliff nach lateral zu halten. Hierdurch werden die 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. 16.35), muss keine besondere Ausrichtung der Kanüle beachtet werden.

Durch Entfernen des Mandrins aus der Spinalkanüle kann geprüft werden, ob bereits Liquor abtropft, d.h. ob die Kanülenspitze im Liquorraum liegt (Abb. 16.33).

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.



Abb. 16.31 Spinalanästhesie. **a** Aufsuchen des Processus spinosus von L4. **b, c** Markieren der voraussichtlichen Punktionsstelle mit dem Fingernagel durch Eindrücken eines Kreuzes. **d** Mehrmalige Desinfektion.

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. 16.31i, j). Die Kanüle sollte nun um 90° gedreht werden. 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 injiziert 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, 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. 16.32l).

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

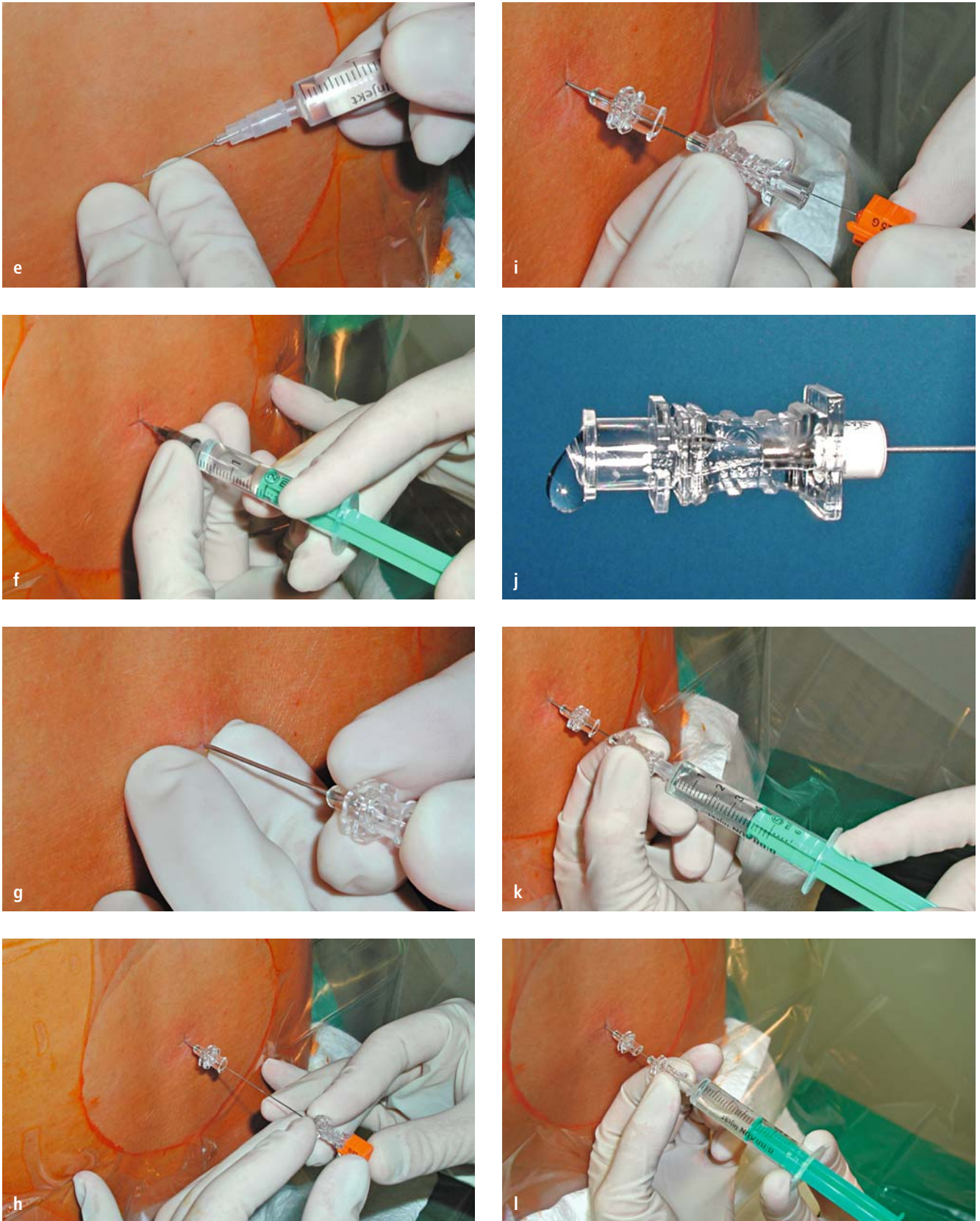


Abb. 16.31 Spinalanästhesie. **e** Sterile Abdeckung mit Lochtuch und lokale Infiltration der Haut (z.B. mit 27-G-Kanüle). **f** Infiltration der tieferen Bandstrukturen (z.B. mit 22-G-Kanüle). **g** Einstechen einer Führungskanüle. **h** Einführen der Spinalkanüle. **i** Entfernen des Mandrins. **j** Abtropfen von klarem Liquor. **k** Aufsetzen der Spritze mit Lokalanästhetikum und vorsichtige Aspiration auf Liquor. **l** Injektion des Lokalanästhetikums in den Subarachnoidalraum; danach Verband der Punktionsstelle.

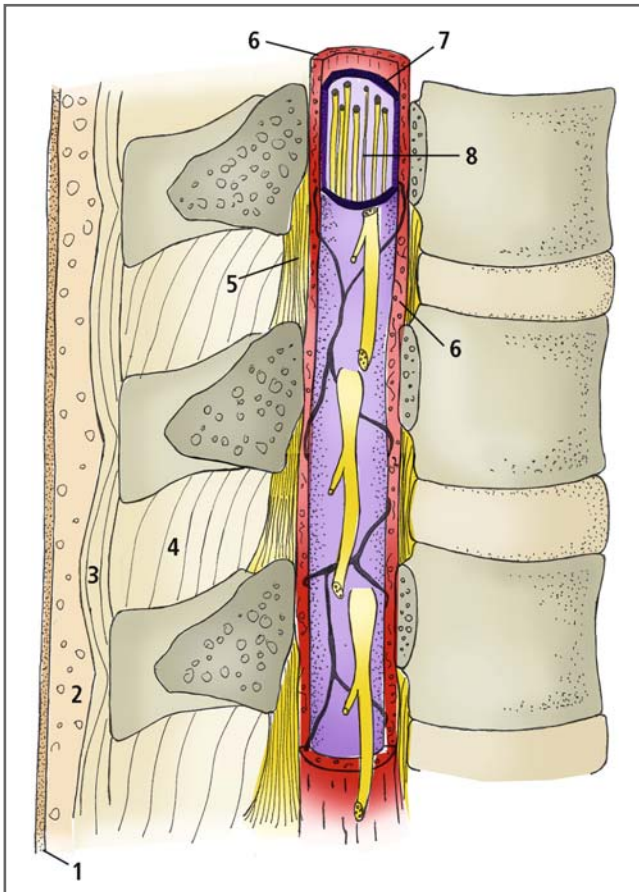


Abb. 16.32 Längsschnitt durch das Rückenmark im Lumbalbereich; 1 = Haut, 2 = subkutanes Fettgewebe, 3 = Lig. supraspinale, 4 = Lig. interspinale, 5 = Lig. flavum, 6 = Periduralraum, 7 = Dura mater, 8 = Spinalraum mit Cauda equina.

ca. 1–1,5 cm lateral der Mittellinie und etwas tiefer (ca. Oberkante des darunter liegenden Dornfortsatzes) 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, durchstochen 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. 65.22, S. 1203) 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.

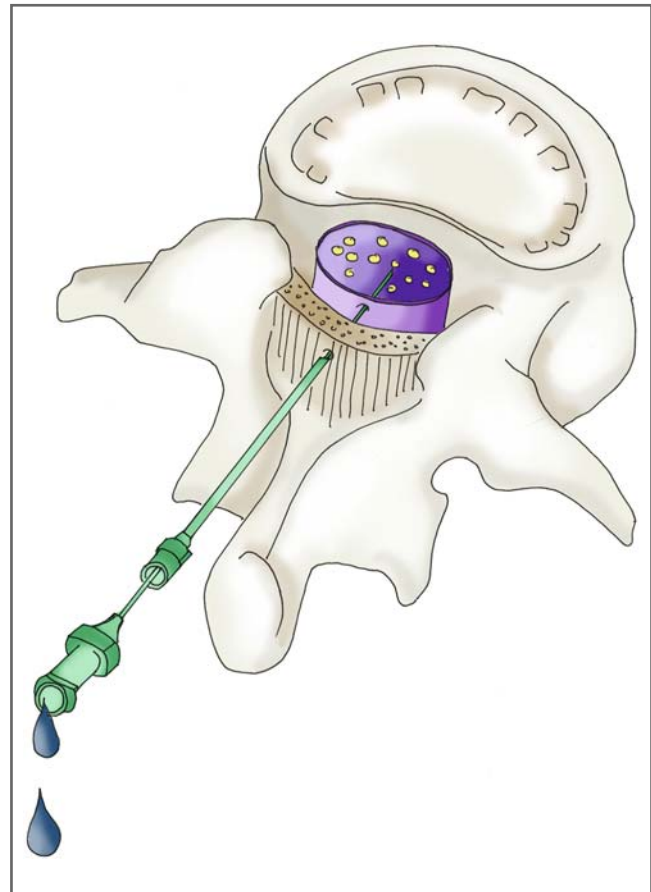


Abb. 16.33 Spinalkanüle und Führungskanüle. Die Kanülenspitze liegt im Bereich der Cauda equina. Es tropft Liquor ab.

Gibt der Patient dagegen einschießende 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 Durasa-ckes 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 Wurzel- tasche 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 Punktionsversuchen auf ein Alternativverfahren übergegangen werden.